

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ТИХООКЕАНСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ ДВО РАН

На правах рукописи

ГОРБАТЕНКО ЛАРИСА ВЯЧЕСЛАВОВНА

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

Специальность 25.00.36 – геоэкология

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор
географических наук, проф.
Говорушко С.М.

Владивосток 2018

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Общая характеристика трансграничного бассейна реки Амур	13
1.1. Общие методические подходы и материалы	13
1.2. Трансграничные речные бассейны, теоретические подходы к их исследованию	17
1.3. Общая характеристика трансграничного бассейна р. Амур	26
1.3.1. Устьевая часть бассейна.....	36
1.4. Монгольская часть бассейна.....	41
Глава 2. Условия и факторы водопользования	48
2.1. Условия водопользования.....	48
2.1.1. Российская часть	48
2.1.2. Китайская часть.....	53
2.2. Факторы водопользования.....	56
2.2.1. Российская часть	57
2.2.2. Китайская часть.....	63
Глава 3. Сравнительный анализ показателей водопользования в трансграничном бассейне р. Амур.....	72
3.1. Российская часть	72
3.2. Китайская часть	83
Глава 4. Прогноз водопотребления на основе функции отклика	92
4.1. Актуальность и методика	92
4.2. Российская часть	97
4.3. Китайская часть.....	102
Глава 5. Пространственно-временной анализ загрязняющего эффекта и качество вод бассейна р. Амур	110

5.1. Пространственно-временной анализ загрязняющего эффекта на водотоки российской части трансграничного бассейна	110
5.2. Качество трансграничных вод.....	116
5.2.1. История изучения качества вод р. Амур	116
5.2.2. Качество вод в р. Аргунь и в главном русле р. Амур	124
Заключение.....	135
Список литературы	138
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	171
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	172
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	173
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	174

Введение

Актуальность. Водопользование как вид человеческой деятельности, инфраструктурная отрасль хозяйства является источником воздействия на водные ресурсы. В процессе водопользования, 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 живых 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 оценка качественного состава природных вод, который 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 - 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.

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 его водных объектов.

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 водопользование, являющееся фактором воздействия на водотоки трансграничного бассейна Амура, как процесс не в полной мере изучено. Для отдельных субъектов Дальнего Востока по состоянию на 1985 г. было ранее проанализировано водопотребление и оценен загрязняющий эффект деятельности хозяйственных объектов на природные воды (Яковлева Юн За, 1999). По состоянию на конец 1990-х гг. рассматривалось водопользование, в т.ч. объемы водопотребления, водоотведения и их структура, объемы сброса загрязняющих веществ со сточными водами на территории субъектов РФ, входящих в бассейн р. Амур (Бортин, 2001). Существуют отдельные более поздние исследования по динамике водопотребления в разрезе федеральных округов (Демин, 2008; Шикломанов и др., 2010; Шикломанов и др., 2011), Дальневосточного федерального округа в целом, субъектов административного деления территории юга Дальнего Востока (Бортин и др., 2011). В Схеме комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Амур (СКИОВО), утвержденной в 2014 г. на период до 2020 г., приведены показатели водопользования, зафиксированные на момент начала работ над Схемой (2008–

2010 гг.), но не проанализирована их многолетняя динамика. Детальных российских исследований по оценке структуры и динамики водопользования на китайской части бассейна в настоящее время не проводилось. В полной мере не изучена и долговременная динамика качества природных вод бассейна.

Таким образом, актуальность изучения водопользования в трансграничном бассейне Амура обусловлена ролью водного фактора в жизнедеятельности населения и функционировании хозяйства, его влиянием на биоразнообразие и продуктивность водных, водно-болотных и прибрежно-морских экосистем, особенностью строения бассейна и расположением государственной границы РФ, определяющей влияние китайских притоков реки на состояние трансграничных вод, а также вод на российской части бассейна, а также недостаточной изученностью состояния водопользования, прежде всего, как элемента общего механизма формирования качества вод в трансграничном бассейне.

Объектом исследования является трансграничный бассейн р. Амур, расположенный на территории 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, обуславливающих структуру и 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 пространственную структуру и динамику воздействия точечных сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод на водотоки российской части;

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 (Сочава, 1978), П.Я. Бакланова (Бакланов, 1977, 1979, 2007), Ю.М. Семенова (Семенов, Суворов, 2007), А.Г. Исаченко (Исаченко, 1980; Исаченко, 2003; Исаченко, 2004), И.Н. Гарцмана (Гарцман, 1976), 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. Системный подход является одним из элементов геоэкологического анализа, основы которого изложены в (Преображенский, 1992; Грин и др., 1995; Мильков, 1997). В процессе исследования использованы положения бассейнового подхода к природопользованию и водопользованию, сформулированные Л.М. Корытным (Корытный, 2001). 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 (Рунова и др., 2003). Исследование опирается на подходы к изучению использования водных ресурсов, водохозяйственных систем, антропогенной

нагрузки на речные бассейны, загрязнения природных вод, представленные в работах И.А. Шикломанова (Шикломанов, Маркова, 1987; Шикломанов, 1991), Г.В. Воропаева (Воропаев и др., 1989), В.И. Данилова-Данильяна (Данилов-Данильян, Лосев, 2006; Данилов-Данильян, 2009; Данилов-Данильян, 2010; Водные ресурсы..., 2010), Н.И. Коронкевича (Коронкевич, Зайцева, 1990; Коронкевич и др., 1995; Коронкевич, 1996; Коронкевич и др., 1998), Г.М. Черногаевой (Черногаева и др., 1990; Черногаева и др., 2004; Черногаева, Журавлева, 2017), Д.Я. Ратковича (Раткович, 2003), М.В. Болгова (Болгов и др., 2005), А.П. Демина (Демин, 2008; Демин, 2010а, б), А.С. Федоровского (Богатов, Федоровский, 2017). Также исследование основано на теоретико-методологических принципах изучения трансграничных территорий/геосистем, изложенных в работах П.Я. Бакланова, С.С. Ганзея (Бакланов, Ганзей, 2008), Ю.И. Винокурова (Винокуров, Красноярова, 2010), Б.А. Краснояровой и др.

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

В качестве **исходных материалов** в процессе исследования использованы данные Амурского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов РФ (АБВУ), 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, данные 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.

Защищаемые положения:

1. 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.

2. 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.

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

4. 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.

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, приведенные в диссертационном исследовании, обладают **научной новизной**. Впервые использованы элементы бассейнового подхода для детального изучения водопользования в трансграничном бассейне р. Амур. В частности, впервые:

выделены 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 населении и водоемких отраслях хозяйства;

выполнен анализ территориальной структуры и динамики антропогенной нагрузки на водотоки бассейна от точечных источников сброса сточных вод 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-I-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-II-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, а также дальнейшей политики

сотрудничества РФ и КНР в бассейне Амура, для работы комиссий, созданных в рамках российско-китайского Соглашения о рациональном использовании и охране трансграничных вод, при подготовке трансграничного диагностического анализа (ТДА) для характеристики бассейна и выявления 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.

По теме исследования опубликовано 23 работы, из них 3 из перечня ВАК (одна в печати).

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.

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.

Глава 1. Общая характеристика трансграничного бассейна реки Амур

1.1. Общие методические подходы и материалы

По аналогии с эколого-географическим подходом (Грин и др., 1995; Кочуров, 2000; Дебелая, Кочережко, 2009) геоэкологический анализ (ГЭА) рассматривается как комплексный, системный, пространственно-временной, нацеленный на выявление взаимозависимостей между социальными, хозяйственными и природными системами и направленный на выявление и решение экологических проблем. При этом рассматриваются именно те взаимозависимости, которые имеют экологическое значение (Грин и др., 1995). Объектами геоэкологического анализа выступают, как правило, различные территории (геосистемы, регионы) вне зависимости от их иерархического пространственного уровня.

Содержание геоэкологического анализа (ГЭА) заключается в оценке условий, нагрузки и состояния различных географических объектов при различных видах человеческой деятельности в целях изучения природных и антропогенных процессов, определяющих состояние экосистем, геосистем и территорий различного масштабного уровня. Сущность ГЭА хорошо отражает методологический подход к изучению взаимодействия в системе «общество – природа», обоснованный в (Оценка влияния..., 1985) и описываемый цепочкой «воздействия – изменения - последствия».

При проведении ГЭА территория/геосистема может рассматриваться как центрированная на человека (население), хозяйство или отдельные природные составляющие (Грин и др., 1995, с 31). В настоящем исследовании акцент ГЭА смещен в сторону хозяйства, а именно, одной из его отраслей - водопользования, рассматриваемого нами вслед за Жерелиной (Жерелина, 2008) в широком смысле - как совокупность всех форм и видов использования водных ресурсов, прямо и косвенно влияющих на состояние водного фонда (водных объектов).

Отличительная особенность ГЭА – это «концентрация внимания на взаимосвязях и отношениях между социальными, хозяйственными и природными подсистемами» (Грин и др., 1995, с. 22). Применительно к водопользованию методология ГЭА заключается в рассмотрении водопользования как системы, т.е. совокупности элементов, находящихся в постоянной взаимообусловленности и взаимозависимости. Такими элементами являются субъекты водохозяйственной деятельности – водопользователи, различные водные объекты, на которые эта деятельность обращена, а также водохозяйственная инфраструктура, включающая различные гидротехнические сооружения для использования поверхностных водных объектов и предупреждения вредного воздействия вод (водохранилища и пруды различного назначения; защитные и регулировочные сооружения; сооружения для забора вод из природных водных объектов либо для водоотведения) (рис.1.1).

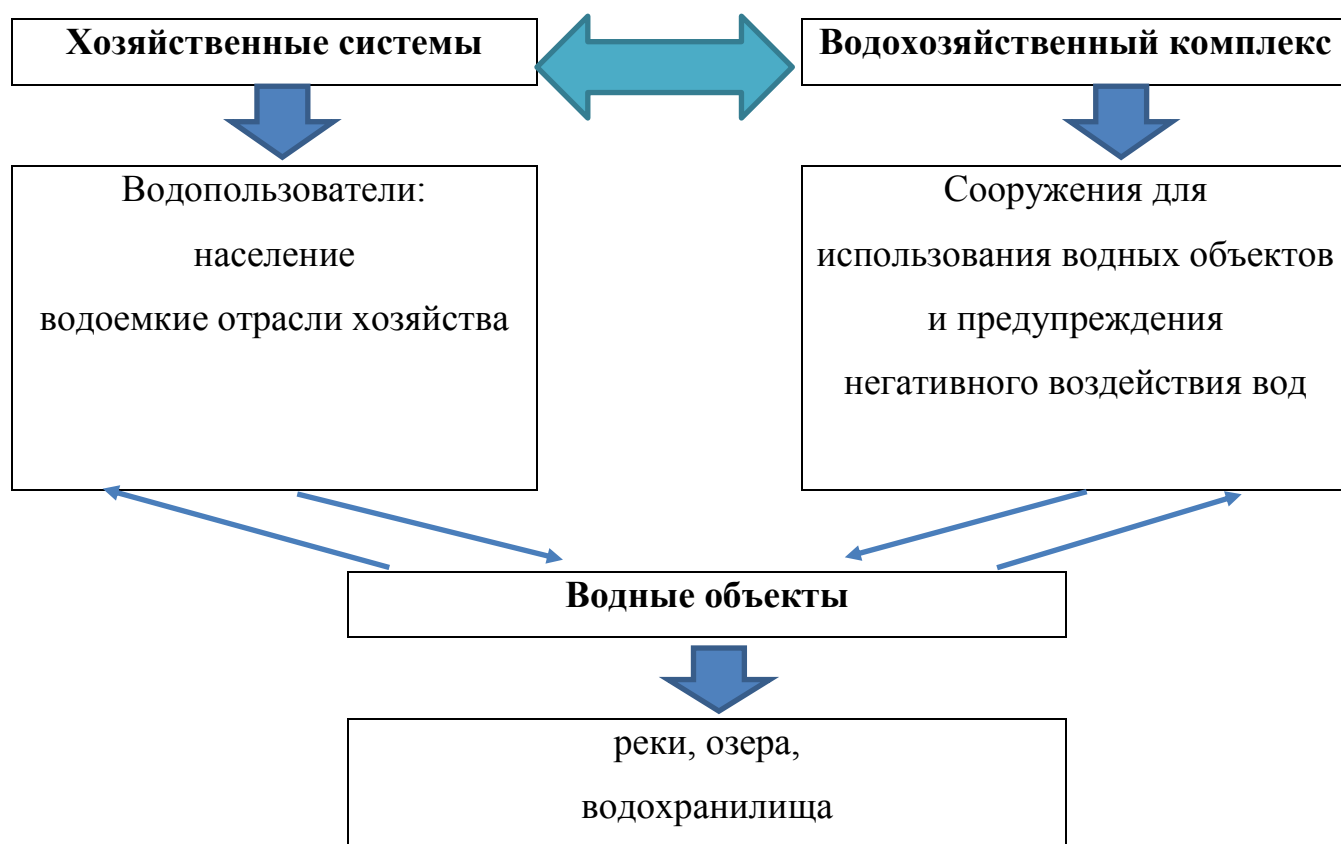


Рис. 1.1. Схема геоэкологического анализа водопользования.

При использовании подобного подхода к рассмотрению водопользования все элементы, начиная с субъекта деятельности по использованию вод (от отдельных водопользователей до целых водоемких отраслей) до водных объектов, которые являются приемниками сточных вод, должны быть рассмотрены. При этом целью ГЭА должно являться выявление взаимозависимостей элементов этой системы. Важным этапом ГЭА является оценка качества природных вод, имеющая прямое отношение к одному из качественных показателей регионального развития (Бакланов, 2001).

В настоящем исследовании рассматривается только один из видов водопользования, определяемых Водным кодексом РФ – с забором воды и последующим ее отведением в водные объекты (Водный кодекс, 2006). Общий подход к анализу водопользования в трансграничном бассейне р. Амур основан на представлении о системности процесса водопользования, все этапы которого взаимосвязаны, конечным же является сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод. Один из этапов исследования водопользования трансграничного бассейна Амура в контексте ГЭА заключается в попытке на мелкомасштабном уровне выявить закономерности влияния сброса загрязняющих веществ (ЗВ) на качество вод реки. Выявление подобных закономерностей предполагает, во-первых, что водопользование как процесс протекает в определенных условиях, а его субъекты (водопользователи), могут рассматриваться как факторы. Во-вторых, предполагает характеристику самого процесса водопользования трансграничного бассейна, отдельные показатели которого прогнозируемы. В частности, таким показателем является водопотребление, которое косвенно может отражать будущий загрязняющий эффект от использования воды.

В данном исследовании под условиями подразумеваются водные ресурсы и водообеспеченность территории, под факторами - население и наиболее водоемкие отрасли хозяйства. Водные ресурсы как речной сток при этом рассматриваются в самом общем виде, т.к. для российской части бассейна они детально оценены в Схеме комплексного использования и охраны водных

объектов бассейна р. Амур (СКИОВО) как приходящая часть водохозяйственных балансов.

Так как рассматриваемый трансграничный бассейн р. Амур является крупным географическим объектом, территориальный уровень анализа в настоящем исследовании является мелкомасштабным. Детальность анализа обусловлена наличием и доступностью информации, поэтому при рассмотрении геоэкологической роли водопользования в трансграничном бассейне р. Амур нами использован бассейново-административный подход. Бассейновый подход к оценке состояния водопользования диктует необходимость рассмотрения территории трансграничного бассейна р. Амур в строгих бассейновых границах, но возможность применения этого подхода ограничивается недоступностью данных по всем анализируемым показателям в этих границах в сопоставимой динамике. Поэтому водопользование рассматривается нами в разрезе административных территорий, что, в определенной степени, искажает количественные показатели, но дает возможность оценить временные тенденции их изменения, территориальный подход при этом един для обеих частей бассейна, а выявляемые закономерности применимы к бассейну в его строгих границах (Горбатенко, 2016).

Одной из трудностей при исследовании трансграничных территорий является недостаточность информации о социально-экономической и экологической ситуациям на сопредельной китайской территории (Ганзей, 2006). Поэтому набор показателей для характеристики и описания водопользования для российской и китайской частей бассейна не совпадает. Для российской части бассейна водопользование описано более детально, с использованием таких показателей как объемы забора, использования свежей воды по видам нужд, оборотно-повторного водоснабжения, потерь воды при транспортировке, объемов сброса сточных вод, в т. ч. загрязненных, без очистки, недостаточно очищенных, мощность очистных сооружений. Для китайской части бассейна анализируются объемы использования воды, его структура по видам нужд, объемы сброса сточных вод по административным субъектам и бассейну р. Сунгари.

Для оценки пространственной дифференциации структуры антропогенного воздействия на водотоки бассейна на российской его части использованы показатели водопотребления по видам нужд. Для оценки загрязняющего эффекта водопользования использованы данные о сбросе загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты бассейна, т.к. иные показатели, часто используемые для анализа антропогенной нагрузки на речные бассейны и их водотоки (Рыбкина и др., 2011; Битюкова, 2014), являются косвенными.

Динамика качества вод оценивается на основе сведений об удельном комбинаторном индексе загрязненности воды (УКИЗВ), рассчитываемом по данным систематизированного государственного мониторинга природных вод по единой методике. Также используются данные и сбросе загрязняющих веществ на китайской части бассейна с территорий провинций Хэйлунцзян и Цзилинь и данные оценки качества вод в бассейне р. Сунгари. Связь качества вод р. Амур у г. Хабаровск с качеством вод главного китайского притока Амура – р. Сунгари проанализирована с помощью статистических методов.

Основной массив использованных по российской части данных – это данные за 1985-2015 гг., для китайской части – за 2004-2015 гг., для р. Сунгари – 1980-2010 гг.

1.2. Трансграничные речные бассейны, теоретические подходы к их исследованию

На мировом уровне внимание к проблеме использования трансграничных рек приковано уже много лет, оно вызвано конкуренцией в сфере использования трансграничных ресурсов пресной воды, которая в условиях нарастающего ее дефицита в отдельных регионах является одним из факторов, влияющих на региональные геополитические отношения. В мире насчитывается по разным оценкам 260-276¹ трансграничных рек, общий сток которых составляет 60% глобальных ресурсов пресной воды (Wolf et al., 2003; Munia et al., 2016; Rai et al.,

¹ Количество зависит от того, включены ли мелкие реки тем или иным автором, а также от образования новых государств

2017). Из них около 160 являются наиболее проблемными, ситуация с трансграничным водопользованием здесь может привести к международным спорам. Внимание к трансграничным речным бассейнам еще более усиливается с конца XX века в условиях роста интеграционных процессов и развития международного сотрудничества (Бакланов, 2006).

Все возможные конфликтные ситуации в международных/трансграничных бассейнах условно можно разделить на четыре типа: территориально-пограничные, водопользовательские, водно-экологические и природно-ресурсные, при этом конфликтные ситуации, связанные с водопользованием, занимают первое место по своей распространенности (Корытный, Жерелина, 2010). Среди проблем трансграничных бассейнов, связанных с водопользованием, основными являются проблемы водных путей судоходства, гидроэнергетики, орошаемого земледелия и борьбы с наводнениями (Руководство..., 2012). Также к этому перечню следует отнести проблемы качества вод, обусловленные трансграничным переносом загрязняющих веществ, несмотря на то, что к ним относятся лишь 5 % из всех когда-либо обозначенных событий, связанных с трансграничными водами (Наврузов, 2008).

В настоящее время для регулирования взаимодействия и сотрудничества в области управления трансграничными водными ресурсами действуют такие механизмы ООН как «Глобальная программа ООН по воде», Глобальное водное партнерство и др. Также функционируют региональные механизмы, например, Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия (МКВК) в Центральной Азии, Международный фонд спасения Арала (МФСА) и его Межгосударственная Комиссия по устойчивому развитию (МКУР).

Правовую основу для регионального сотрудничества в области использования общих водных ресурсов (реки, озера и грунтовые воды) обеспечивает Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Конвенция по трансграничным водам, 1992). Основные ее принципы - предупреждение, контроль и сокращение трансграничных воздействий; обеспечение справедливого, экологически

обоснованного и рационального использования трансграничных вод; сотрудничество в области научных исследований и технологий для предупреждения, контроля и сокращения воздействий; обмен экологической информацией. Хельсинская Конвенция обязывает соседние страны заключать двусторонние или многосторонние соглашения или другие договоренности в отношении разделяемых ими трансграничных вод и создавать совместные органы для реализации этих соглашений. Также большое значение имеют Конвенция ЕЭК ООН о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992 г.) и Конвенция ЕЭК ООН об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (1991 г.).

Европейское водное законодательство в области трансграничных вод является в настоящее время самым развитым. В 2000 г. принята Рамочная Водная Директива Евросоюза (РВД), которая, в частности, предусматривает реализацию управления трансграничными речными бассейнами через систему анализа и планирования. Согласно РВД создается единый план управления международным речным бассейном, а для координации планирования соседние государства могут использовать уже существующие структуры, действующие на основе международных соглашений. На первом этапе планирования выполняется трансграничный диагностический анализ (ТДА), на его основе разрабатывается стратегический план действий по управлению экологическим состоянием бассейна, совместные программы конкретных мероприятий.

ТДА основывается на экологической и социально-экономической информации, анализе действующей правовой базы (Ананьева, Качур, 2016), оценивает состояние окружающей среды и позволяет определить причины ее деградации и ключевые трансграничные экологические проблемы. Он состоит из различных блоков, связанных с изучением имеющейся информации, синтезом новых знаний и прогнозом (Ганзей, 2003). Его типовая структура включает разделы о географических характеристиках бассейна, описание вод, климата и их изменений, состояния других компонентов природной среды, социально-экономических условий, институционального устройства в области

использования вод, приоритетных трансграничных проблем и причин их существования, анализ заинтересованных сторон и общий анализ управления водопользованием и трансграничного сотрудничества в этой области.

ТДА, являясь элементом стратегии адаптивного управления, представляется перманентным процессом, нуждающимся в обновлении по мере поступления новой информации о статусе трансграничного бассейна (Молотов и др., 2014). ТДА должен включать прогнозирование тех факторов, которые создают нагрузки на водные ресурсы: численности населения, увеличения сброса сточных вод, урбанизации, рисков, связанных с изменением климата, а также управления спросом на воду и т.д. (Руководство..., 2012).

Существуют многочисленные примеры уже разработанных ТДА, в частности, для рек РФ и бывшего СССР - Днепра (Трансграничный ..., 2003), Днестра (Трансграничное..., 2005), Куры и Аракса и др. Из объектов в азиатской части России ТДА проведен для оз. Байкал (Трансграничный..., 2013).

При изучении трансграничных бассейнов важны терминологические аспекты. В настоящее время для обозначения водотоков, бассейны которых расположены на территории несколько государств, используется ряд терминов. Хельсинской Конвенцией ЕЭК ООН от 1992 г. введен международный термин «трансграничные воды» (Конвенция..., 1992), которые определяются как любые поверхностные или подземные воды, которые обозначают, пересекают границы между двумя или более государствами или расположены на таких границах. Вариант содержания этого термина содержится, например, в Соглашении между Правительством РФ и Правительством Монголии по охране и использованию трансграничных вод: термин «трансграничные воды» означает реки, ручьи, озера и другие поверхностные водные объекты, а также месторождения подземных вод, по которым проходит или которые пересекает государственная граница. Конвенция о праве несудоходных видов использования международных водотоков, принятая резолюцией 51/229 Генеральной Ассамблеи ООН от 21 мая 1997 года, ввела иное понятие – международные водотоки, «части которых находятся в различных государствах» (Конвенция..., 1997). Эти

термины, вводимые вышеуказанными Конвенциями, являются терминами международного права.

Географические термины, такие как «приграничная» и «трансграничная территория», «международная трансграничная территория», «трансграничная геосистема» были предложены С.С. Ганзеем, П.Я. Баклановым. Этими авторами рассматривается структура трансграничных геосистем, экологическая взаимозависимость в их пределах, динамика их развития. Приграничная территория определяется ими как специфический географический объект с характерными свойствами и функциями, прежде всего, свойствами взаимодействия и взаимовлияния соседних государств (Ганзей, 2004; Бакланов, Ганзей, 2008). Это «территория, непосредственно прилегающая к государственной границе и испытывающая на себе ее наибольшее влияние, а также влияние соседнего государства, обладающая особым дополнительным потенциалом развития и международного сотрудничества» (Приграничные и трансграничные..., 2010, с. 14). В процессе взаимодействия и взаимовлияния приграничных территорий соседних стран формируется достаточно целостная международная трансграничная территория. Целостность таких территорий усиливается, если в их основе лежат целостные природные системы, например, бассейны рек или озер.

Трансграничная территория, состоящая как минимум из двух взаимосвязанных приграничных территорий и представляющая собой целостную природно-антропогенную систему, обладает своей структурной организацией и типом функционирования. Принцип изучения таких территорий должен быть комплексным, а методические подходы общими (Приграничные и трансграничные..., 2010). Полный комплексный анализ приграничных и трансграничных территорий возможен лишь с учетом естественных и антропогенных процессов, происходящих на соседней приграничной территории в пределах соседнего государства.

Все вышесказанное в полной мере относится к бассейну р. Амур и процессам использования вод на его территории, т.к. «речные системы являются

классическим примером трансграничных систем» (Приграничные и трансграничные..., 2010. с. 30), а взаимосвязанность процессов природопользования сопредельных стран определяет необходимость их анализа в рамках единой трансграничной территории – геосистемы региональной размерности (Бакланов, Ганзей, 2008).

Согласно методологическому подходу, описанному в монографии (Ганзей, 2004), бассейн р. Амур является интегральной геосистемой и одновременно международной трансграничной территорией. Это комплексная географическая структура, состоящая из взаимодействующих приграничных территорий, сочетающих в себе определенные природные ресурсы, объекты инфраструктуры, население, а также его хозяйственную деятельность в границах крупной геосистемы (Environmental Change..., 2015). В пределах таких геосистем проявляется экологическая взаимосвязанность, что обусловлено разнообразием функциональных связей различного уровня, определяемых единством атмосферной циркуляции, геологической истории, речной сети и т.д. (Ганзей, 2004). Для такой геосистемы важным является исследование изменений не только отдельных ее элементов, но и процессов - природных и хозяйственных.

Очень важными для изучения являются процессы природопользования, многие из которых в пределах разных стран, и даже в отдельных районах одной страны, будучи однородными по набору типов, имеют различные структуры, устойчивость и эффективность (Environmental Change..., 2015), что, безусловно, в полной мере относится и к водопользованию.

В бассейновой геосистеме р. Амур можно выделить следующие наиболее характерные особенности влияния трансграничности на природопользование: сохранение общности и взаимосвязи природно-географических структур и процессов в разных частях бассейновой геосистемы, в том числе и в разных странах; асимметричность территориальных структур природопользования, которая выражается в их различиях по разные стороны границы; асинхронность процессов и тенденций природопользования в одни и те же периоды времени; выполнение рекой своеобразной функции эколого-географической оси, когда

экологическое состояние реки в значительной мере отражает экологическое состояние всей бассейновой геосистемы (Бакланов, Ганзей, 2008).

Высокая относительная целостность бассейновых геосистем в условиях трансграничности является предпосылкой связанности не только структур природопользования в рамках всей геосистемы, но и экологических проблем. Нарушения, загрязнения природных систем и их компонентов в одной части геосистемы могут передаваться в пределах всего бассейна, а особенно тесные и сложные взаимосвязи возникают в использовании водных ресурсов (Бакланов, Каракин, 2012). Трансграничный бассейн Амура является разновидностью контактных географических структур, для которых важны оценки вклада их звеньев/частей в динамику экологического качества регионального развития и соотношения этих качеств (Бакланов, 2006а), а решение экологических проблем на его территории требует особого внимания (Приграничные и трансграничные..., 2010., с.41).

Детальность и методики изучения трансграничных геосистем, территорий или бассейнов, как указано в (Приграничные и трансграничные..., 2010. с. 51), определяются не только целью работы, но и наличием информации об исследуемом объекте.

Подходы к изучению трансграничных территорий/речных бассейнов, предложенные П.Я. Баклановым и С.С. Ганзеем, впоследствии были расширены другими авторами (Платонова, Скрипко, 2012; Краснаярова, 2013; Винокуров, Краснаярова, 2010 и др.), в работах которых были предложены схемы и методы описания процессов взаимодействия в трансграничных природных, природно-хозяйственных системах, потоков вещества на трансграничных территориях, направленности трансформаций в трансграничных системах и основ международного сотрудничества, что является важным для понимания процессов, происходящих в трансграничных географических объектах.

Общим для всех трансграничных рек является то, что решение вопросов охраны речных бассейнов от загрязнения и истощения, а значит, обеспечение устойчивого водопользования зависит от характера регионального

сотрудничества. В случае трансграничной геосистемы как целостного природного объекта, взаимовыгодное международное сотрудничество требует не просто согласованных действий, а создания институтов управления через систему программ (научных и социально-экономических), фондов (финансовых и страховых), сетей мониторинга и т.п. (Винокуров, Красноярова, 2010). Проблема регулирования и использования вод трансграничных рек требует решения комплекса политических, правовых, социально-экономических задач, а также учета гидрологических особенностей и целостности водной системы (Демин, 2015).

Трансграничные бассейны Азиатской части России. Проблемы этих бассейнов и их ресурсов, в частности, водных рассматривались в ряде исследований. Так, в работе (Осодоев и др., 2014) дана характеристика освоенности трансграничных бассейнов рек Селенга и Аргунь, приведены основные отрасли хозяйства и их структура, источники воздействия на экологическое состояние бассейнов, а также кратко охарактеризованы правовые и институциональные механизмы развития их территорий. На примере р. Селенга дан прогноз изменений стока в связи с гидротехническим строительством и на основе водно-балансовой оценки показано, что строительство ГЭС в бассейне на территории Монголии приведет к двух-трехкратному увеличению зимнего стока и его уменьшению в летний период. Величина изменений будет зависеть от количества и расположения гидроузлов: наибольшее влияние окажет строительство ГЭС на основном русле, наименьшее - на притоках р. Селенги (Чалов и др., 2016). В статье (Гармаев, Доржготов, 2012) анализируются особенности водного режима трансграничной Селенги, антропогенная нагрузка в бассейне. Подчеркивается необходимость разработки ограничений для изменений водного и химического стока реки. Для российской части трансграничного бассейна Селенги на основе анализа прямого и косвенного воздействий на водные объекты проведена интегральная оценка их экологического состояния. Прямое воздействие оценивается на основе показателей водозабора для нужд ЖКХ, промышленности, сельского хозяйства и сброса сточных вод, а косвенное – с

использованием показателей площадного и линейно-сетевого воздействий на водосборную площадь (численность и плотность населения, структура сельскохозяйственного производства, объемы промышленного и сельскохозяйственного производств и др.). Показано, что высокую антропогенную нагрузку испытывают водные объекты наиболее экономически развитого водохозяйственного участка (Ульзетуева и др., 2015).

При помощи балльных оценок по видам антропогенных воздействий - демографических, промышленных и сельскохозяйственных получена характеристика хозяйственной нагрузки на трансграничный бассейн р. Иртыш, включая притоки Ишим и Тобол с учетом территории казахстанской части бассейна (Стоящева, Рыбкина, 2011). Отмечается, что острота водохозяйственных проблем в трансграничном бассейне р. Иртыш требует принятия ряда решений на государственном и межгосударственном уровнях. Рассматривалась часть бассейна р. Иртыш в пределах Республики Казахстан (РК), где осуществляется многолетнее каскадное регулирование стока водохранилищами; было показано, что баланс покрытия водопотребления на рассматриваемой территории обусловлен водохозяйственной обстановкой в КНР. В связи с этим была разработана расчетная схема водохозяйственного районирования, положенная в основу имитационной водохозяйственной модели, и даны рекомендации о совместном водопользовании в бассейне Иртыша (Раткович, Романова, 2014).

Подробно рассматривалась трансграничная река Ишим, ее гидрологическая характеристика, особенности водного режима, водообеспеченность, водопользование на территории ее бассейна и качественный состав вод. Наибольшая нагрузка на водные ресурсы характерна для казахстанской части бассейна, а хозяйственная деятельность в ее пределах создает ограничения для водохозяйственного комплекса на территории России не только в бассейне Ишима, но и Иртыша, притоком которого Ишим является (Фролова, Романовская, 2015).

Дана подробная характеристика трансграничного бассейна р. Урал, расположенного на территории РФ и РК - климата, пространственно-временной

изменчивости стока реки, его зарегулированности водохранилищами и возникающих при это последствий, проблем водообеспеченности и водного стресса на территории бассейна. Проанализированы источники воздействия на водотоки, проведена оценка качества вод, рассмотрена проблема трансграничного переноса загрязняющих веществ. Отмечена необходимость разработки межгосударственных программ по управлению природопользованием в бассейне р. Урал (Сивохип, 2014; Сивохип, Чибилев, 2014; Сивохип и др., 2017).

Таким образом, очевиден интерес к трансграничным речным бассейнам, обусловленный актуальностью вопросов использования их водных ресурсов. Проводимые исследования трансграничных бассейнов отличаются различной степенью детальности, набором рассматриваемых аспектов водопользования, а также используемых для анализа антропогенного воздействия на водные ресурсы характеристик. Следует отметить, что ни для одного упомянутого трансграничного бассейна не проведен трансграничный диагностический анализ, не выполнен он и для трансграничного бассейна р. Амур.

1.3. Общая характеристика трансграничного бассейна р. Амур

Река Амур – один из крупных трансграничных водных объектов на территории РФ. По данным государственного водного кадастра РФ общая площадь его бассейна составляет 1855 тыс. км², в т.ч. в пределах Российской Федерации - 1003 тыс. км², в КНР 820 тыс. км², Монголии – 32 тыс. км² (Ресурсы..., 1966а). В КНДР находится всего 60 км² территории бассейна или менее 0,00001 % - это часть акватории и берега оз. Тяньчи в истоках р. Сунгари (Бассейн реки Амур..., 2011). Монгольская часть бассейна учитывается водным кадастром как территория водосборов рек Онон и Ульдза в Монголии.

Так как Аргунь окончательно еще не потеряла связи с оз. Далайнор (Хулунычи) (Шаликовский, Соколов..., 2007), в последнее время в бассейн Амура включают водосборную площадь озера с ее притоком – рекой Керулен, а также рекой Халх, которая через правый рукав соединяется с р. Орчун, впадающей в оз.

Далайнор. Благодаря использованию ГИС-технологий и цифровых моделей рельефа данные по площади бассейна и соотношению его национальных частей были уточнены. Согласно этим данным общая площадь бассейна р. Амур составляет 2050,5 тыс. км², из них российская – 1009,5; китайская – 865; монгольская – 175 тыс. км² (Ганзей, Ермошин и др., 2007). Однако, по данным монгольской стороны их часть бассейна насчитывает 216 тыс. км² и включает помимо перечисленных водосборов рек и бессточную область, расположенную к юго-западу от оз. Буир-Нуур (Badarch, 2006). Исходя из этого обстоятельства, мы принимаем общую площадь бассейна Амура в 2090,5 тыс. км² (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Административно-территориальное деление в бассейне р. Амур

Административная единица	Площадь в пределах бассейна		Доля от общей площади бассейна
	тыс. км ²	%	%
КНДР	0,06	0,05	0,00001
Монголия	216	13,8	10,3
АР Внутренняя Монголия	296,7	25,1	14,2
Забайкальский край	243,5	59	11,6
Хэйлунцзян	442,7	97,5	21,2
Цзилинь	125,5	67,1	6,1
Амурская область	315,3	86,7	15,1
ЕАО	36	100	1,7
Приморский край	101	61,3	4,8
Хабаровский край	313,7	39,8	15,0
всего	2090,5	100	100
В т.ч. российская часть	1009,5	48,3	48,3
китайская часть	864,9	41,4	41,4
монгольская часть	216	10,3	10,3

Источник: составлено по: (Ганзей, Ермошин и др., 2007; Badarch, 2006)

По гидрографической сети бассейна р. Амур на протяжении 3400 км проходит государственная граница между РФ и КНР, в том числе непосредственно по Амуру - 1860 км (Доработка проекта..., 2013).

Бассейн Амура (Приамурье, Приморье, Восточная Монголия, Маньчжурия) еще с середины XIX в. представлял интерес для российской географии, один из наиболее крупных первых этапов в изучении этой территории связан с обоснованием строительства и эксплуатацией КВЖД. Важной методологической основой российских исследований в бассейне Амура было понимание связанности биogeографических, ресурсных, внешнеэкономических и других природных и экономических отношений и явлений в российской, китайской и монгольской его частях (Каракин, Шейнгауз, 2004). История исследований природы и хозяйства трансграничного бассейна Амура с конца XIX и в XX веке описана в работе (Ганзей, Ермошин и др., 2007), где упоминаются труды Д.Н. Анучина (Анучин, 1897), В.А. Анучина (Анучин, 1948), В.Л. Комарова (Комаров, 1898), П.И. Глушакова (Глушаков, 1948), В.В. Никольской (Никольская, Чичагов, 1957) и др. Большой объем исследований был выполнен во время российско-китайской Амурской экспедиции Совета по изучению производительных сил (СОПС) АН СССР и Хэйлунцзянской экспедиции КНР в начале 1950-х г. (проект «Большой Амур»).

И в последние десятилетия интерес к трансграничному бассейну Амура не уменьшается. Так, был реализован ряд комплексных проектов, объектами изучения которых были трансграничные бассейны р. Уссури и оз. Ханка (Программа устойчивого..., 1996; Kachur, Jin X., Baklanov P.Ya., Ganzei S.S., 2001.). Отдельные работы были посвящены использованию земель трансграничного бассейна Амура (Бакланов, Ганзей, 2004; Каракин, Шейнгауз, 2004). В последние годы продолжаются исследования использования земель, а также ландшафтов и почв бассейна (Ермошин, Ганзей, 2012; Ермошин, Пшеничникова, 2009).

Водным ресурсам бассейна, их гидроэнергетическому освоению и его последствиям, а также экологическим проблемам посвящены работы (Водно-

экологические проблемы..., 2003; Крюков и др., 2005; Подольский и др., 2006; Егидарев, Симонов, 2012; Егидарев, 2012). Вопросы использования водных ресурсов и загрязнения природных вод как угроз биоразнообразию трансграничного бассейна были рассмотрены в (Amur-Heilong..., 2008).

Физико-географическое описание бассейна. Строение бассейна Амура объясняется особенностями тектонического развития юга Дальнего Востока, обусловившего большое морфологическое разнообразие территории этого региона с чередованием горно-складчатых сооружений различной высоты и платформенно-равнинных областей (Артеменко, Сорокин, 2009). Рельеф территории бассейна, которому свойственна неоднородность и контрастность (Глушаков, 1948), представляет собой чередование равнинных и возвышенных территорий. Основные элементы горного рельефа - хребты Сихотэ-Алинь, Большой и Малый Хинган, Становой, Даурский, Яблоневый, Нерчинский, Аргунский, Газимурский и др., Восточно-Манчжурские горы, Хентэй-Верхнекеруленская горная группа. Основные равнины (по Никольской, 1972) – Центральная Манчжурская (Сунгарийская), Санцзян (Трехречье), Нижнеамурская, Зее-Буреинская, Ханкайская, на их долю приходится около 25 % территории.

Для современного Амура, долина которого характеризуется сложным морфологическим строением, в целом свойственна высокая динамичность русловых переформирований, проявляющаяся в интенсивном размыве берегов, появлении новых и расширении ранее действовавших рукавов, смещении плесов и перекатов, возникновении обширных кос и островов. В верхнем течении, от слияния р. Шилка и р. Аргунь до устья р. Зея, русло Амура характеризуется ярко выраженной глубинной эрозией. В среднем течении, от устья р. Зея до Малого Хингана река испытывает медленную глубинную эрозию в пределах широкой террасированной долины, в пределах Малого Хингана проявляется интенсивная глубинная эрозия с выносом при больших уклонах потока всего поступающего аллювиального материала. В нижнем течении реки от впадения р. Сунгари до

устья на протяжении более 1200 км происходит направленная аккумуляция наносов со средней скоростью 0,6–1,2 мм/год. (Сорокин и др., 2010).

Бассейн Амура на территории РФ расположен в нескольких природных зонах: тайги, хвойно-широколиственных лесов, лесостепей и степей. В горах наблюдается вертикальная поясность ландшафтов - таежный пояс сменяется подгольцовыми каменно-березовыми криволесьями. Верхние части гор заняты горными тундрами, самое южное их расположение – на горе Байтоушань в истоках реки Сунгари, на высоте более 2500 м. Для верхней части бассейна характерна южная тайга, ниже по течению и южнее преобладают смешанные хвойно-широколиственные леса. Лесостепные ландшафты приурочены к Приханкайской и частично Зейско-Буреинской равнине. На левобережной части бассейна распространена многолетняя мерзлота, в горах нередко до середины лета на реках сохраняются снежники и наледи. (Комплексная эколого-экономическая..., 2015; Южная часть..., 1969).

Основные особенности пространственной структуры ландшафтов российской части бассейна р. Амур заключаются в доминировании на уровне классов горных ландшафтов, занимающих 78 % площади, при этом, почти на половине площади преобладают низкогорные ландшафты. Среди равнинного класса фоновыми являются подкласс возвышенных и долинных, широко распространены среднегорные ландшафты. На уровне типов в пределах российской части бассейна р. Амур доминируют светло-хвойные ландшафты с преобладанием лиственничных и редколесно-лиственничных, частично заболоченных ландшафтов. К фоновым растительным формациям относятся кустарниковая и темнохвойная. Ландшафты, практически полностью преобразованные хозяйственной деятельностью (гари, рубки, селитьба, сельскохозяйственные территории), на российской части бассейна р. Амур занимают 15,5 % (Ермошин, Ганзей..., 2012).

Бассейн Амура характеризуется большим разнообразием экосистем. Здесь сохранились экосистемы с неморальной растительностью и животным миром, пережившими ледниковый период, т.к. ледники не выходили за пределы горных

долин. К ним относятся многовидовые кедрово-широколиственные леса с реликтами третичного периода (тисом и бархатом), эндемичными видами (аралией маньчжурской, элеутерококком колючим, женьшенем, лимонником китайским). Всемирное значение имеют водно-болотные угодья бассейна Амура благодаря их огромной значимости для размножения и миграций водоплавающих и околоводных птиц, включая такие виды, как японский и даурский журавли, сухонос, малый лебедь, дрофа и др. Обширные луговые пойменные участки в долине Амура получили название амурских прерий. В ихтиофауне реки Амур насчитывается 120 видов рыб, относящихся к пяти фаунистическим ихтиокомплексам, в т.ч. «китайскому» и «индийскому». Амур считается богатейшей лососевой рекой Евразии, здесь нерестится 9 видов лососевых рыб (Новомодный и др., 2015; Комплексная эколого-экономическая..., 2015).

Разнообразие природно-климатических условий, развитая гидрографическая сеть, чередование равнинного и горного рельефа, лесных и открытых пространств создали предпосылки формирования на территории бассейна богатого генетического, видового и экосистемного биологического разнообразия, уникального смешения в пределах одних природных экосистем компонентов различных флор и фаун (Воронов, 2017).

Около 13 % территории бассейна находится по тем или иным режимом охраны, площадь особо охраняемых природных территорий составляет 31,6 тыс. га (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Особо охраняемые территории бассейна р. Амур

страна	Национальный уровень		Региональный и местный		Всего	
	Количество/ площадь, тыс. га	%	Количество/ площадь, тыс. га	%	Количество/ площадь, тыс. га	%
КНР	62 / 4 941	5,5	260 / 9 322	10,3	327 / 14 263	10,3
Монголия	5 / 1 644	8,7	4 / 812	4,3	9 / 2 456	13
РФ	33 / 7 305	5,7	626 / 7 605	6	659 / 14 910	11,7
итого	105 / 13 890	5,6	890 / 17 739	7,2	995 / 31 629	12,8

Источник: составлено по (Сайт Всемирного...)

Климатические условия формирования стока. Территориальное распределение осадков в бассейне р. Амур имеет субмеридиональный характер, годовое их количество увеличивается в направлении с запада на восток. Основная часть бассейна находится в зоне достаточного увлажнения. Наиболее засушливыми являются территория бассейнов рек Керуден и Халх в Монголии, а также степные районы Забайкальского края и территория бассейна оз. Далайнор в округе Хулунбер (автономный район Внутренняя Монголия КНР). На остальной части бассейна осадки от 400 мм/год и выше (рис. 1.2), в горных зонах могут достигать 900-1000 мм/год.

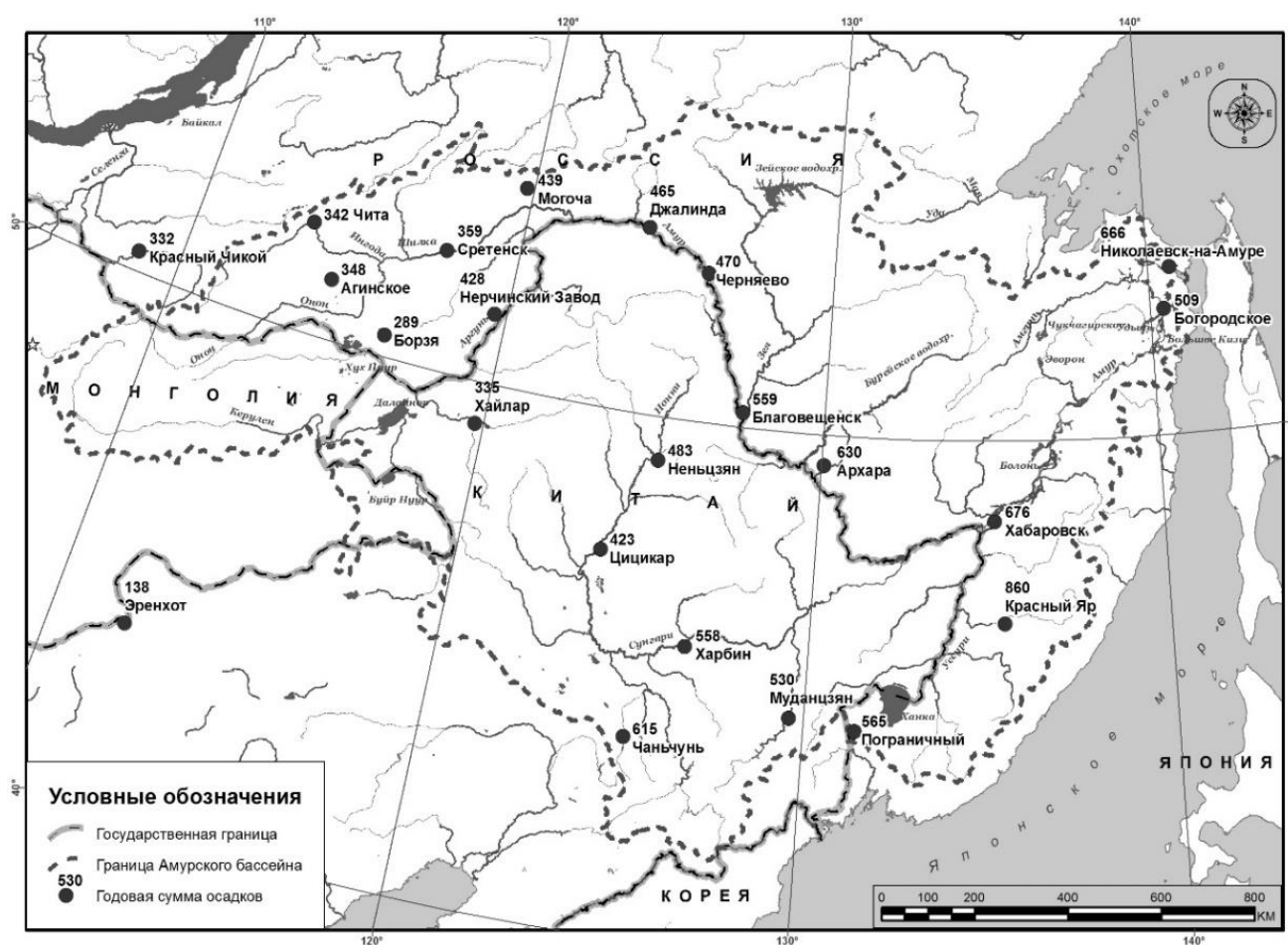
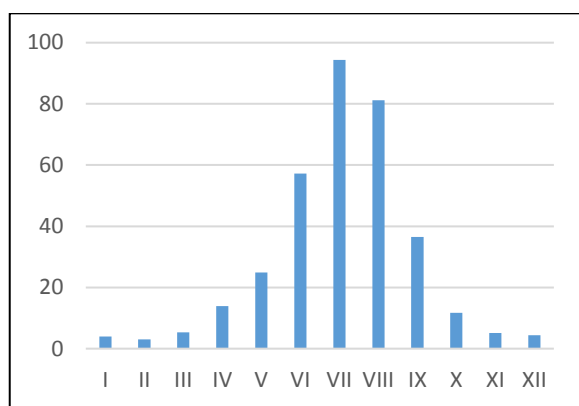


Рис. 1.2. Осадки на территории бассейна р. Амур

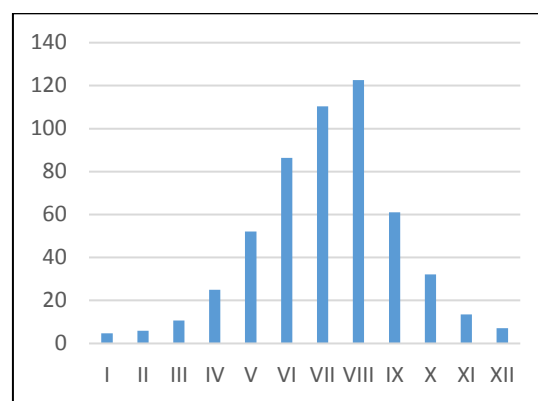
Составлено по данным (Сайт Всероссийского...; Сайт Национального...)

На большей части бассейна осадки на 50-75% и до 85 % определяют объемы поверхностного стока, в летний сезон они намного выше, чем в зимний, в горных районах увлажнение больше, чем на равнинных территориях. Общий характер

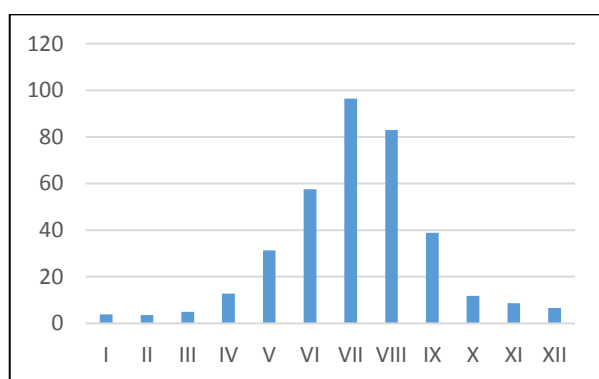
годового хода осадков как в западной, так и в восточной частях бассейна практически совпадает (рис. 1.3). Среднегодовое количество осадков в бассейне Амура (по замыкающему створу у г. Комсомольск-на-Амуре) составляет 605 мм/год (Государственный доклад..., 2008) в бассейне р. Сунгари – 537 мм/год.



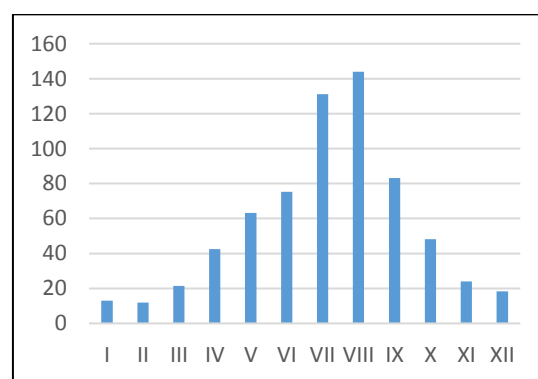
Ст. Хайлар



Ст. Муданьцзян



Ст. Сретенск



Ст. Хабаровск

Рис. 1.3. Среднемноголетнее распределение осадков в бассейне р. Амур внутри года по месяцам. Составлено по данным (Сайт Всероссийского...; Сайт Национального...)

На территории монгольской части бассейна основные осадки (в среднем 75 % годовых сумм) выпадают в период с июня по сентябрь, большая их часть - в июле-августе (рис. 1.4).

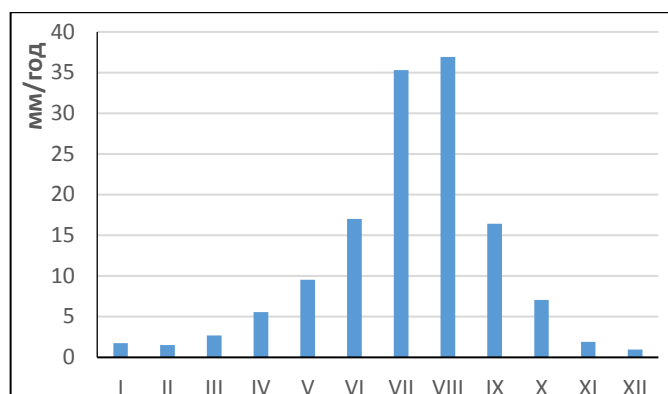


Рис. 1.4. Распределение осадков внутри года по данным станции Эренхот (Монголия). Составлено по: [Сайт Национального...](#)

По условиям строения речной сети и водному режиму реки ее бассейн (на территории РФ) разделяют на верхнюю (от истоков до г. Благовещенск), среднюю (г. Благовещенск – г. Хабаровск) и нижнюю части (от г. Хабаровск до устья) (Ресурсы..., 1966б; Ресурсы..., 1970; Артеменко, Сорокин, 2009).

Общие экологические проблемы бассейна р. Амур. К общим экологическим проблемам бассейна р. Амур относят снижение рыбных запасов, сокращение редких видов животных, обезлесивание и снижение речного стока, природные пожары, загрязнение воздушной среды и др. (Крюков и др., 2005; Воронов, Махинов, 2008). Комплекс проблем, связанных водопользованием в бассейне р. Амур, включает изменения многолетнего и внутригодового режима стока, вызванные функционированием водохранилищ, в том числе ГЭС, загрязнение вод, активизацию русловых деформаций, наводнения и увеличение их частоты и мощности. Этот перечень расширяет набор проблем на китайской части бассейна: ограниченные водные ресурсы на юго-западе округа Хулунбер (Внутренняя Монголия), снижение уровня грунтовых вод и формирование депрессионных воронок в местах добычи полезных ископаемых, особенно крупных в районах нефтедобычи, эвтрофикация водохранилищ (рис. 1.5).

Одна из наиболее сложных водохозяйственных проблем бассейна связана с загрязнением его вод (Воронов, 2007; Воронов, Махинов, 2008; Бортин, Милаев, 2003; Бортин и др., 2014; Горбатенко, 2016). Эта проблема формировалась в

течение десятилетий антропогенной деятельности на территории бассейна, особый вклад в ее остроту вносит трансграничное загрязнение (Мандыч, 2011).

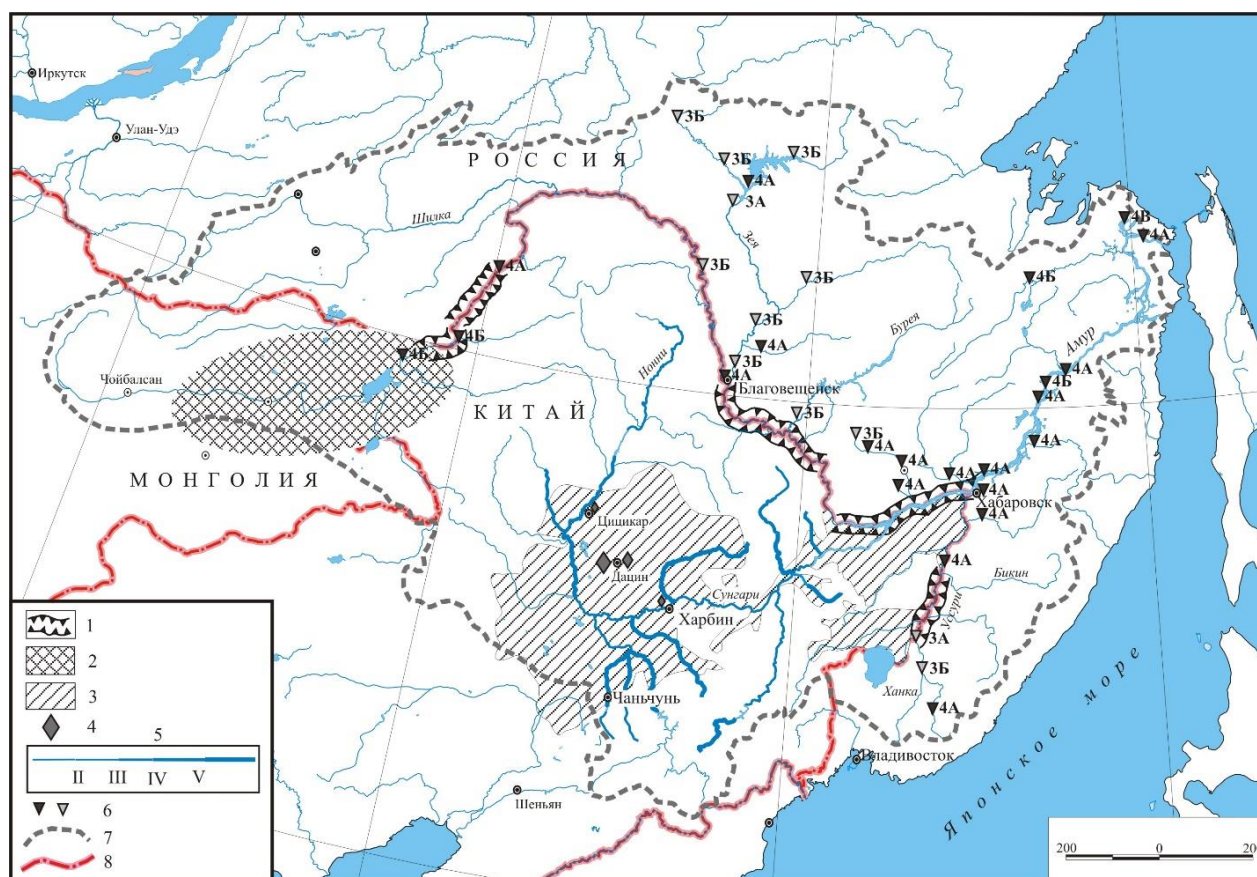


Рис. 1.5. основные проблемы в бассейне р. Амур, связанные с водопользованием
1 – участки широкопойменного русла как зоны активных русловых процессов; 2 – область ограниченных водных ресурсов; 3 – области изменения уровня грунтовых вод; 4 – депрессионная воронка. Класс качества вод: 5 – на китайской части бассейна, 6 – на российской части бассейна, 7 – граница бассейна р. Амур; 8 – государственная граница

К 1990-м гг. загрязнение водной среды в бассейне привело к тому, что состояние отдельных территорий на среднем и нижнем Амуре достигло экологического бедствия (Водно-экологические..., 2003; Факторы формирования..., 2008). В зимний период 1996-2001 гг., наблюдалось отравление рыбы в реке, в 1995 и 1998 гг. - высокая мутность вод. В апреле-июле 2006 г. ухудшилось качество воды р. Амур в районе водозабора г. Хабаровск -

концентрации летучих фенолов, марганца, алюминия, бензола превышали ПДК в 1,5-6 раз (Лызова, 2007). В совокупности с другими катастрофическими явлениями (наводнениями, лесными пожарами, русловыми деформациями и др.) это привело к негативным социально-экономическим последствиям для российской части бассейна р. Амур – проблемам с водоснабжением населения, к массовой заболеваемости, низкой рыбопродуктивности реки, и, в конечном итоге - росту социальной напряженности (Крюков и др., 2005).

Река Амур, бассейн которой занимает примерно 1,2% часть земной суши, играет биосферную роль, а сам бассейн является частью крупной субглобальной системы, включающей акватории северо-западной Пацифики, ландшафтные угодья Аляски и Японии, юго-восточной Азии и северной Австралии, поэтому изменения объема и качественного состава стока р. Амур могут иметь последствия не только внутри самого бассейна, но и далеко за его пределами (Мандыч, 2011, 2012а, б).

1.3.1. Устьевая часть бассейна

Устьем р. Амур считается створ мыс Озерпах - мыс Пронге на выходе Амура в Амурский лиман, который является затопленной дельтой реки. Лиман является крупной акваторией протяженностью 45 км, изолированной от открытых районов Японского и Охотского морей, но связанной с ними узкими и мелководными проливами. Рельеф дна лимана сформирован взаимодействием морских приливо-отливных и амурских течений, волновых и ледовых явлений, а также перераспределением твердых наносов. В самом лимане находится огромный конус выноса, сложенный наносами Амура, среднегодовой объем которых составляет 23 млн т. Через этот конус выноса проходят несколько фарватеров, из них главные - Сахалинский, соединяющий Охотское и Японское моря, и фарватеры, по которым распределяется основной сток р. Амур: Невельского (Северный), Южный, Восточный (рис. 1.6).

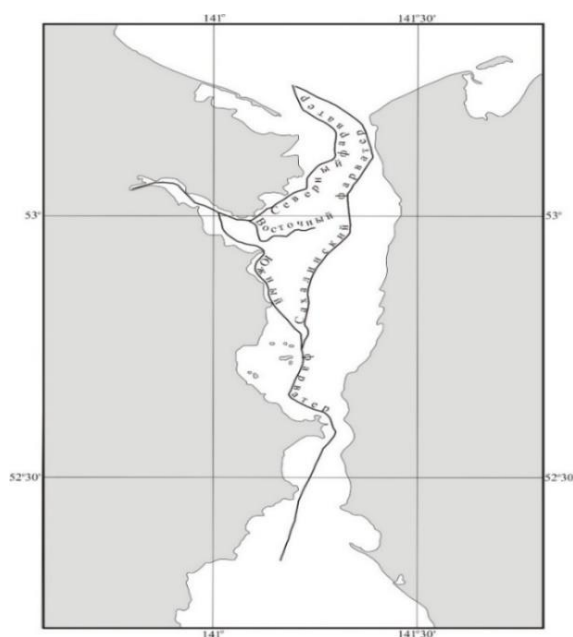


Рис. 1.6. Основные фарватеры Амурского лимана

Источник: составлено по: (Жабин, Дубина, 2008)

По данным наблюдений, проведенных Амурской устьевой станцией и ДВНИГМИ в августе-сентябре 1978 г. в устье р. Амур и Амурском лимане, доля стока Амура через Северный фарватер составляет 67 % от его общего объема, из которого 32 % поступает в северном направлении, а 35 % проходит по Восточному фарватеру. По Южному фарватеру летом проходит 33 - 34 % стока (Пономарева и др., 1982; Якунин, 1978). В зимний период роль Южного фарватера возрастает (42 %), на фарватер Невельского приходится 40 % стока, на Восточный – до 18 %.

Таким образом, большая часть стока Амура направлена в Охотское море, меньшая же в течение всего года поступает в Татарский пролив через пролив Невельского. Значения объемов этого стока, как указано в (Пищальник и др., 2010), меняются в пределах от 0,1-12,7 в декабре-марте до 27,3-28,1 км³/месяц в мае-сентябре. Приблизительные оценки поступления речного стока Амура в Японское море даны также в (Жабин, Дубина, 2008): в холодный период года с ноября по апрель это 6,5 % от среднемноголетнего стока р. Амур или 31,5 км³, а в предположении, что в декабре-марте весь сток Амура поступает в Японское море, эта величина составляет 36 км³.

К усилению стока распресненных вод Амурского лимана в Японское море в осенне-зимний период приводит изменение фоновых уровней моря и преобладание северных ветров (Жабин и др., 2017), перенос вод наблюдается в поверхностном слое западной части пролива Невельского, т.е. у побережья материка (Жабин, Дубина, 2008). Это оказывает определенное влияние на распределение солености в Татарском проливе. Кривая годового хода солености воды здесь характеризуется двумя минимумами ($\sim 31.5\text{‰}$ в мае и $\sim 32.0\text{‰}$ в октябре), связанными с таянием ледяного покрова и со стоком более пресных вод из Амурского лимана (Стробыкина и др., 2016). В годы с большими значениями стока р. Амур распреснение вод северной части Татарского пролива увеличивается, при этом менее соленые воды распространяются из пролива Невельского вдоль побережья материка в юго-восточном направлении. В среднем влияние стока Амура на распределение солености воды в северной части Японского моря относительно невелико по сравнению с Охотским морем, однако в период сильных паводков область прямого влияния стока реки значительно увеличивается. По данным исследований летом 1992 г. шлейф трансформированных амурских вод находился в 200 км от охотоморской границы приустьевой области и в 100 км от ее япономорской границы в приматериковой части Татарского пролива (рис. 1.7).

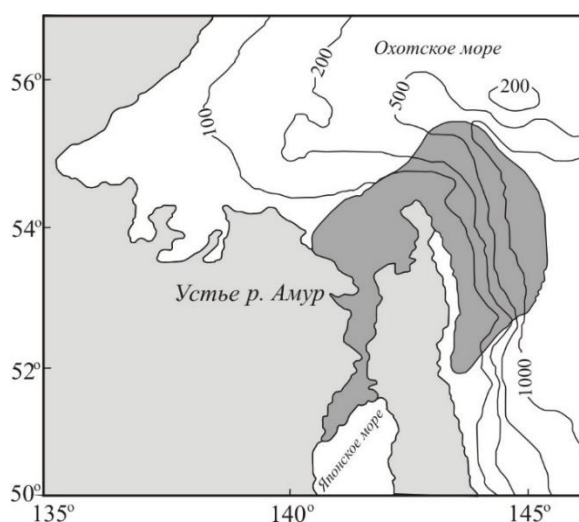


Рис. 1.7. Распространение шлейфа трансформированных вод р. Амур в июне 1992 г. Составлено по (Дударев и др., 2009).

Экологическое состояние акваторий Охотского и Японского морей, находящихся в зоне влияния стока р. Амур, в настоящее время изучено недостаточно. Но при этом имеется много свидетельств регулярного обострения ряда экологических проблем в Амурском лимане и Сахалинском заливе (Воронов, Махинов, 2009). Проблема влияния стока р. Амур на прилегающие акватории была поставлена еще в начале 2000-х гг. Так, отмечалось, что состав вод Амурского лимана и Татарского пролива, в которых отмечается повышенное содержание детергентов, нефтеуглеводородов, тяжелых металлов, а также высокий уровень мутности, во многом определяется стоком р. Амур. Следы влияния выноса из акватории лимана тяжелых металлов прослежены до прибрежных вод Сихотэ-Алиньского биосферного заповедника (Качур, Кондратьев, 2001). Известны данные о хроническом загрязнении стойкими углеводородами различного генезиса, в т.ч. антропогенного (производные нафталина), участка морской акватории, расположенного на выходе из пролива Невельского в Татарский пролив (Кондратьева, 2009). Подобные выводы были сделаны по данным отбора проб в июне 2006 г. Позднее, на основании оценки загрязнения донных отложений пролива Невельского нефтяными углеводородами, представленной в (Шевкунова и др., 2011), утверждалось, что в проливе Невельского наблюдается низкая микробиологическая активность по отношению к ароматическим углеводородам, что является примером слабого влияния речного стока на формирование качества воды в акватории пролива, так как основная масса поступающих со стоком взвешенных веществ осаждается на биогеохимическом барьере – в зоне смешения пресных и морских вод.

На основе анализа данных о распределении солености, взвеси, растворенных и взвешенных форм железа в Амурском лимане и Сахалинском заливе, полученных летом 2005 – 2007 гг., было показано, что независимо от концентрации взвешенных веществ в водах реки Амур в этот период увеличение расхода ее воды приводит к возрастанию размера акватории, находящейся под влиянием твердого стока реки (Шулькин и др., 2014). По данным авторов, эта акватория включает северную часть Татарского пролива.

Детально изучался сток взвешенного вещества в Амурский лиман (Дударев и др., 2009), и было показано, что в безледный период в Япономорскую приустьевую область р. Амур поступает 3,5 млн т взвеси, из которых большая часть аккумулируется на глубинах до 10 м (71 %), в период с ледовым режимом за пределы лимана транспортируется 0,48 млн т взвеси, из них 70 % или 0,34 млн т – в Япономорскую приустьевую область.

Спутниковые данные (снимок сделан 16 октября 2007 г.) иллюстрируют влияние вод р. Амур на прилегающие морские акватории в осенний сезон, когда циркуляция вод в лимане ослаблена (рис. 1.8)



Рис. 1.8. Изображение спектрорадиометра MODIS в видимом диапазоне (Дубина и др., 2012)

Все вышеприведенные данные показывают, что, поскольку в Амурский лиман со стоком р. Амур попадает огромное количество пресной воды, содержащей различные химические соединения, и только часть этих веществ накапливается в донных отложениях и усваивается различными гидробионтами, оставшееся количество загрязняющих веществ попадает в соседние акватории Охотского и Японского морей, включая и акватории прибрежные.

1.4. Монгольская часть бассейна

Основную долю территории бассейна р. Амур в МНР занимают аймаки Дорнод и Хэнтий, кроме того, в нее входят частично аймаки Сухэбатор и Тув. Население монгольской части не превышает 200 тыс. человек, его плотность - менее 1 чел./км². Доля монгольской части от общей площади бассейна составляет 10,3 %.

Большая часть этой территории согласно физико-географическому районированию относится к приподнятым равнинам Восточной Монголии (Очерки физической..., 2006). Рельеф территории аймаков Дорнод и Хэнтий представлен Восточно-Монгольской равниной со степью и многочисленными солончаками и Хэнтийской горной страной (нагорьем). Климат здесь резко континентальный, среднемноголетнее количество осадков составляет 190 мм (Багова, 2012).

Территория монгольской части бассейна является водосборами рек Онон, Керулен, Ульдза (Ульдза-Гол), Халх (Халхин-Гол). Она характеризуется низкой водоносностью – модуль стока составляет от 2,0 л/с на 1 км² в бассейне р. Онон до 0,4 л/с на 1 км² – в бассейне р. Ульдза и 0,2 л/с на 1 км² – в бассейне р. Керулен (Чечель, 2010а).

Истоки р. Онон расположены в центральной части нагорья Хэнтий, далее река протекает по Хэнтий-Чикойскому нагорью, на расстоянии 732 км от устья переходит на территорию РФ, где сливаясь с р. Ингода, образует р. Шилка. Общая длина реки 1032 км, площадь водосбора 96 200 км². Питание реки преимущественно снеговое, летом наблюдаются паводки. Средний расход воды в 12 км от устья составляет 191 м³/с, наибольший — 2810 м³/с. Река замерзает в ноябре, на перекатах перемерзает; вскрывается в апреле - начале мая. Основные монгольские притоки - Хурах-Гол, Агуца, Кыра, Ага. Воды реки используются для орошения и промышленного водоснабжения.

Река Керулен - третья по величине река Монголии, ее истоки находятся на юго-восточных склонах нагорья Хэнтий на высоте 1750 м, общая длина

составляет 1264 км (из них 1090 км в Монголии), общая площадь водосбора 116,4 тыс. км², река сначала течет на юг примерно на 250 км, затем постепенно меняет направление на северо-восточное, далее протекает по территории автономной области Внутренняя Монголия КНР, где впадает в озеро Далайнор. В верховьях р. Керулен расположены города Багануур и Ундерхан, ниже по течению - г. Чойбалсан, столица аймака Дорнод.

Река Керулен при переходе из лесостепного региона в зону сухой степи теряет большую часть стока (Dambaravjaa Oyunbaatar et al., 2012; Wilfried Brutsaert, Michiaki Sugita, 2008) из-за снижения количества осадков и увеличения испарения (табл. 1.3). Среднегодовые расходы воды реки составляют в створе у г. Багануур - 23,5 м³/с, на станции Ундерхан 21,4 м³/с, ниже по течению у г. Чойбалсан на расстоянии 390 км от устья - 19,3 м³/с, при пересечении государственной границы с КНР - 17,6 м³/с.

Таблица 1.3. Водный баланс рек монгольской части бассейна р. Амур

Река - створ	Площадь бассейна, км ²	Осадки, мм	Общий сток, мм	Испарение, мм
Р. Онон – г. Биндер	8 810	500	318	182
Р. Керулен – г. Чойбалсан	71 500	250	80	242

Источник: (Eugene Simonov, Bart Wickel, 2015).

Бассейн р. Керулен примыкает к трансграничному бассейну реки Халх на востоке и к бассейну реки Ульдза на севере. К югу от Керулена находится восточно-гобинская область, в которой преобладают пустынно-степные ландшафты, нет постоянных рек, есть только подземные водоносные горизонты (Eugene Simonov, Bart Wickel, 2015).

Река Халх берет начало на западных склонах Большого Хингана, при выходе на равнину делится на 2 рукава: левый впадает в озеро Буир-Нуур, правый - в р. Орчун-Гол, соединяющую озера Буир-Нуур и Далайнор. Общая длина реки

составляет около 400 км, площадь бассейна – около 17 тыс. км². Питание реки дождевое и снеговое, средний расход воды составляет 25 м³/с.

Река Ульдза берет начало в отрогах нагорья Хентий, протекает преимущественно через степные равнины. В нижнем течении она распадается на рукава, которые впадают в периодически высыхающие Торейские озера недалеко от границы между МНР и РФ. Длина реки составляет 425 км, из них 409 км она течёт по территории Монголии. В России находится лишь устьевая часть реки длиной всего 16 км. Площадь водосбора Ульдзы составляет 26 900 км², 95 % из которых приходится на Монголию, среднегодовой сток в устье - 0,28 км³. В последние 60 км своего русла река периодически высыхает, а с октября по апрель замерзает. Ее сток используется для водоснабжения отрасли животноводства. (Ресурсы..., 1966, Очерки..., 2006; Badarch, 2006).

На территории монгольской части бассейна развиты процессы опустынивания и деградации земель, но в значительно меньшей степени, чем на остальной части Монголии. Так, не затронуты процессами опустынивания 27 % территории аймака Дорнод, 27 % - Хентий, южнее, в аймаке Сухэ-батор, процессы опустынивания развиваются сильнее (табл. 1.4).

Таблица 1.4. Степень опустынивания на монгольской части бассейна р. Амур, % от территории

аймак	Без опустынивания	слабое	среднее	сильное	Очень сильное
Дорнод	27	42	30	1	0
Хэнтэй	28	28	28	16	0,5
Сухэ-Батор	1,4	24,6	49	23	2

Источник: составлено по (Report on state..., 2008).

Большую долю территории монгольской части бассейна (74%) занимают степи, основной вид землепользования – сельскохозяйственный (скотоводство) (рис. 1.9). Значительная часть земель относится к сельскохозяйственным угодьям,

в основном, это кормовые угодья и пастбища, пашня занимает менее 1 % сельскохозяйственных земель. Земледелие развито слабо, основные сельскохозяйственные культуры - пшеница, картофель, овощи.

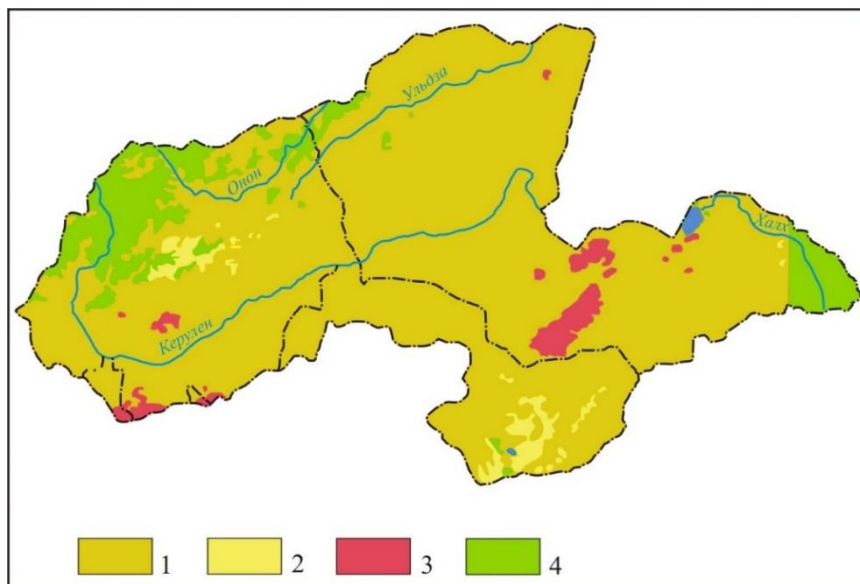


Рис. 1.9. Земельный покров территории монгольской части бассейна р. Амур
1 – степи; 2 – сухие степи; 3 – пашня; 4 – залесенные земли

Источник: составлено по (Badarch, 2006; Mongolis`s Sustainable....., 2012)

На территории монгольской части бассейна Амура расположены 10 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различного уровня управления и режима охраны (рис. 1.10), из них две крупные в бассейне р. Онон – Хан-Хэнтийский заповедник и Онон-Баджалский национальный парк (Оюунгэрэл, 2006).

Горнодобывающая отрасль является самой экономически значимой на территории монгольской части бассейна. Здесь расположены месторождения свинца, урана, цинка, золота, серебра, значительны запасы угля, который используется для производства электроэнергии (Altantsetseg et al., 2002). На территории аймака Хэнтий функционируют две шахты угольных бассейнов «Чандгана тал», расположенного в 53 км от центра аймака г. Ундурхаан с запасами в 141 млн. т угля, и «Чандгана хавтгай» с запасом более 1 млрд. т.

Разрабатывается месторождение железной руды «Баргилт» на территории сомона Дархан, в квартал здесь добывается более 600 тыс. т руды. В аймаке Дорнод разрабатываются два месторождения Чойбалсанского угольного бассейна - «Хоот» с добычей 120 тыс. т угля шахтным способом и «Адуунчулуун» с запасами в 423 млн. т и годовой добычей 420 тыс. т. В сомоне Чойбалсан разрабатывается месторождение «Цав» на основе залежи цинка и свинца (Место России..., 2012). Предприятия по добыче полезных ископаемых наряду с населенными пунктами являются основными источниками загрязнения природных вод.

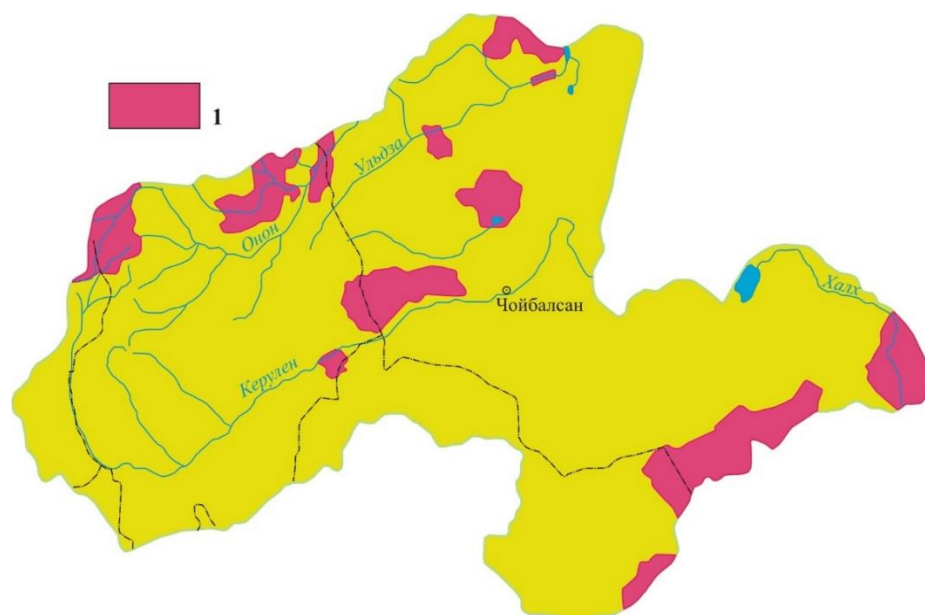


Рис. 1.10. Охраняемые природные территории

Источник: составлено по (Badarch, 2006).

Сведения о качестве воды водотоков монгольской части бассейна Амура ограничены. По данным за 1999-2004 гг. загрязнение рек по ХПК (пермангантная окисляемость) не превышало 10 мг/л в р. Онон у г. Биндер, а в р. Керулен составляло в среднем около 4 мг/л (рис. 1.11).

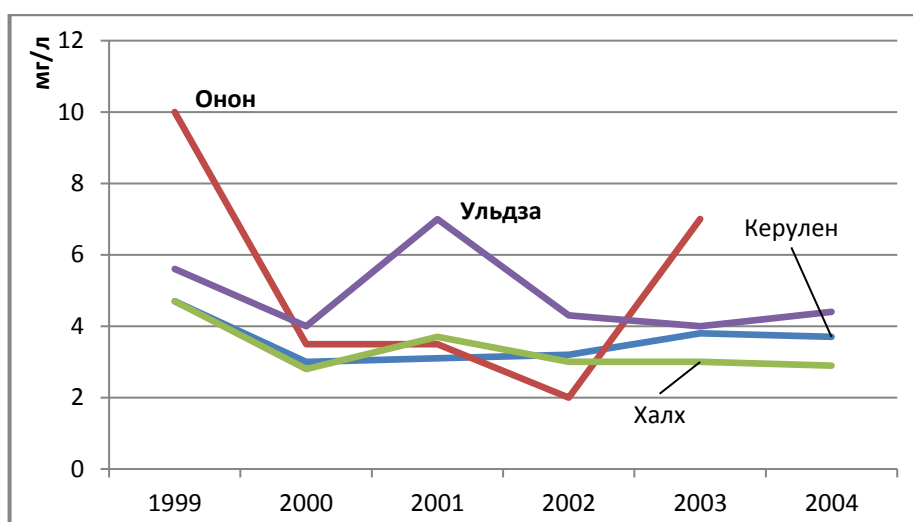


Рис. 1.11. Загрязнение рек монгольской части бассейна р. Амур по ХПК_{Мп}, мг/л
Источник: составлено по (Badarch, 2006).

По данным российских исследователей в 2012 г. на российско-монгольской границе качество воды в р. Онон соответствовало как требованиям к составу и свойствам воды водных объектов в местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования, так и нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения (табл. 1.5), за исключением содержания фтора и меди (превышение рыбохозяйственных нормативов) и органического вещества по ХПК (превышение нормативов питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения).

Таблица 1.5. Содержание химических элементов в р. Онон на государственной границе РФ - МНР, мг/дм³

вещество	F	Al	Fe	Mn	Ba	Zn	Cu	ХПК
концентрация	0,17	0,037	0,089	0,001	0,011	< 0,002	0,006	23
ПДК _{хоз.-пит.}	0,7-1,5	0,2	0,1	0,1	0,7	1	1	15-30
ПДК _{рыбохоз.}	0,05	0,04	0,1	0,01	0,7	0,1	0,001	не нормируется

Составлено по: (Выркин и др., 2014; Плюснин и др., 2014; Санитарные правила и нормы..., 2000; Приказ..., 2010)

Таким образом, территория монгольской части бассейна в целом является слабоосвоенной, а антропогенная нагрузка на водотоки небольшой. Более освоен бассейн р. Керулен, но общий водозабор на его территории составляет всего около 24 млн м³ в год или менее 5% стока реки в месте пересечения монгольско-китайской границы (Eugene Simonov, Bart Wickel, 2015).

Далее вследствие незначительности вклада в формирование экологических проблем трансграничного бассейна р. Амур монгольская часть не рассматривается.

Глава 2. Условия и факторы водопользования

2.1. Условия водопользования

Из всех возможных водных ресурсов, включающих ресурсы рек, озер, ледников, болот, почво-грунтов, подземных вод верхней части земной коры, подземных льдов зоны многолетней мерзлоты и др., в настоящем исследовании рассмотрены ресурсы, представленные водами рек. Они рассмотрены в естественных природных (по бассейнам) и в административных границах – субъектах административного деления РФ и КНР.

2.1.1. Российская часть

Общее количество водотоков на российской части бассейна, включая самые малые, длиной менее 10 км, насчитывает более чем 300 тыс. (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Количество и протяженность рек

Субъект РФ	Количество	Суммарная длина, км
Забайкальский край	3 763	89 643
Амурская область	43 964	188 919
ЕАО	5 017	18 275
Хабаровский край	205 823	553 693
Приморский край	56 821	140 965

Источник: составлено по (Информационный бюллетень..., 2010)

Основные реки – Шилка, образующаяся слиянием р. Онон и Ингода, Аргунь, Зея, Бурея, Амгунь, Уссури, Хор, Большая Уссурка (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Характеристики основных рек в устье

Название реки	Длина, км	Площадь водосбора,	Среднего-довой	Годовой сток, км ³	Модуль стока,
---------------	-----------	--------------------	----------------	-------------------------------	---------------

		тыс. км ² *	расход, м ³ /с		л/с*км ²
Аргунь	951/1620	49,1/164	342	10,8	2,09
Шилка	560	174/206	544	17,3	2,64
Онон	540/1032	64,6/96,2	198	6,25	2,05
Зея	1242	233	1910	60,4	8,20
Буряя	623	70,7	938	29,6	13,3
Амгунь	723	55,5	672	21,2	12,1
Хор	453	24,7	386	12,1	15,6
Уссури	588	136/193	1435	45	7,4
Бикин	560	22,3	253	8	11,3
Б. Уссурка	440	29,6	226	7,1	7,6
Амур –устье	2824 (4444**)	1855	11 330	357	6,1

* - в пределах РФ/ общая; ** - от истока р. Аргунь по данным Водного кадастра СССР. Источник: составлено по (География природных..., 2003; Ресурсы ..., 1966)

Расход воды в основном русле Амура изменяется от 880 м³/с у с. Покровка до 10 220 м³/с у с. Богородское (табл. 2.3). Среднемноголетний годовой модуль стока реки в устье равен 6,1 л/с км², что соответствует расходу воды в устье 11 330 м³/с или 357 км³/год (Государственный доклад..., 2008).

Таблица 2.3. Многолетние характеристики стока р. Амур в главном русле

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений, гг	Расход воды, м ³ /с	C _v
Амур – с. Покровка	370 000	1896-1960	880	0,36
Амур – с. Гродеково	726 000	1912-1968	3490	0,23
Амур – с. Помпеевка	862 000	1898-1962	4700	0,23
Амур – г. Хабаровск	1 630 000	1896-1987	8480	0,22

Амур – г. Комсомольск-на-Амуре	1 730 000	1933-1987	9765	0,20
Амур – с. Богородское	1 790 000	1963-1987	10220	0,19

Источник: (Доработка проекта..., 2013)

В направлении к устью Амура снижается коэффициент вариации годового стока, т.е. амплитуда колебаний значений стока в многолетнем разрезе уменьшается. Соотношение среднегодового стока р. Амур у г. Хабаровск в маловодный и многоводный годы по данным наблюдений за 1949-2013 гг. составляет 3,4 раза – в самый маловодный год этого периода 2008 расход воды составлял $4\,167\text{ м}^3/\text{с}$, в самый многоводный, 2013 г., $14\,137\text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 2.1).

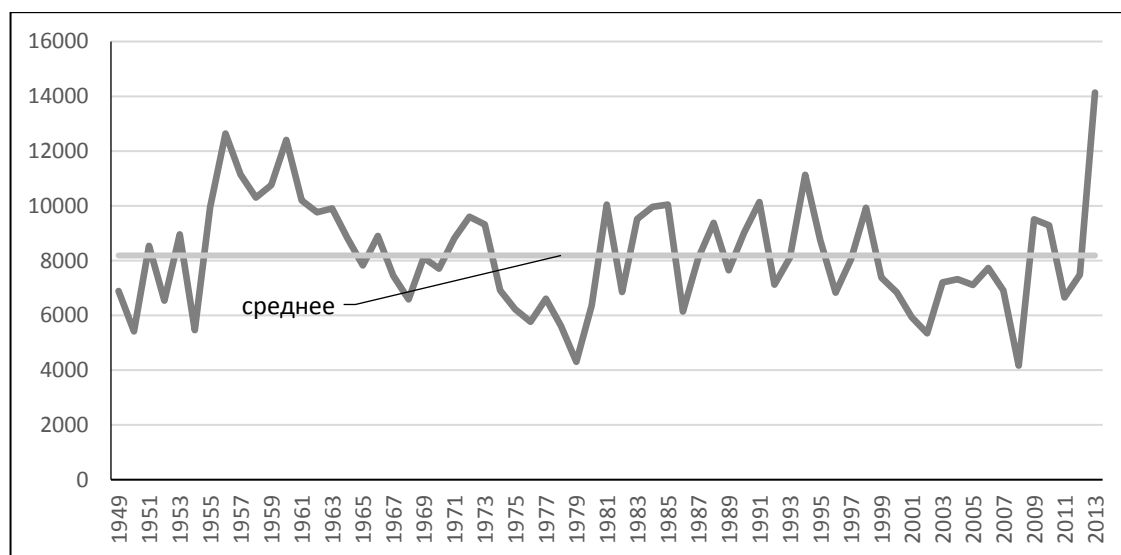


Рис. 2.1. Многолетняя динамика среднегодового стока р. Амур у г. Хабаровск

Источник: составлено по данным Водного реестра РФ

Распределение стока Амура у г. Хабаровск внутри года характеризуется неравномерностью: с декабря по март проходит всего 5 % его годового объема, наибольшим стоком характеризуются август и сентябрь, средние расходы воды в эти месяцы равны $17\,720$ и $17\,262\text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 2.2).

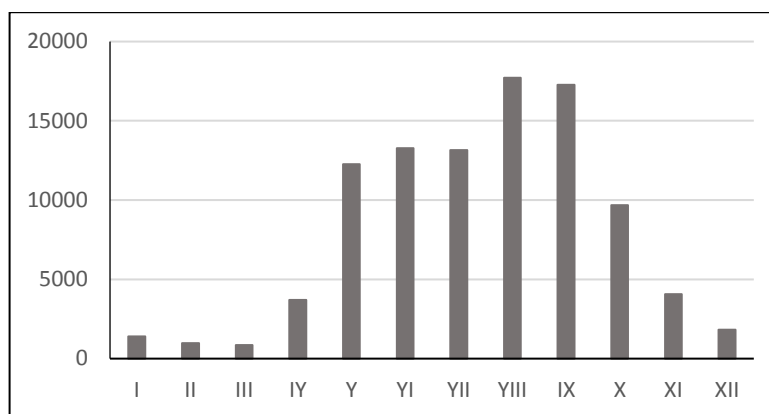


Рис. 2.2. Распределение стока внутри года по месяцам р. Амур у г. Хабаровск²

Реки бассейна Амура по характеру водного режима относятся к дальневосточному типу с выраженным дождевым питанием, его доля в объеме годового стока составляет 47–85 %, доля снегового 2–26 %, подземного 9–31 %. Колебания водности в бассейнах основных крупных притоков Амура в многолетнем разрезе в целом не совпадают, доли их в общем стоке реки различны и изменяются по годам. В среднем доля бассейнов рр. Аргунь и Шилка в стоке Амура составляет 9,1 %, Зея и Бурея — 27,2, Сунгари — 27,6, Уссури — 11,3 % (Болгов и др., 2015). В отдельные сезоны, а именно, с сентября по апрель доля р. Сунгари достигает 42 % (Доработка проекта..., 2013). Остальные притоки в совокупности обеспечивают около четверти стока.

Таким образом, основная часть водного стока реки Амур формируется в его среднем течении, где на протяжении около 1000 км в р. Амур впадают наиболее крупные притоки – реки Зея, Бурея, Сунгари и Уссури, дающие в сумме около 65% ее стока. В зимний период сток только трех зарегулированных рек (Сунгари, Зея, Бурея) достигает 90% от стока Амура (Воронов, Махинов, 2008).

В многолетней динамике стока р. Амур у г. Хабаровск выделяются несколько полных законченных циклов водности - 1924-1944, 1936-1954, 1954-2002 гг., а также маловодные и многоводные периоды (Новороцкий, 2007). Повышенная водность по данным за имеющийся период наблюдений имела место

² Среднее за период 1954-87 гг.

в 1906-196, 1928-1943 и 1955-66 гг.; пониженная – в 1898-1905, 1917-27, 1974-80 и 1999-2005 гг.

На российской части бассейна среднемноголетняя удельная обеспеченность местным поверхностным стоком на 1 человека и удельная водоносность территории наибольшие – в Хабаровском крае, наименьшие – в Забайкальском, (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Ресурсы поверхностного стока в бассейне р. Амур.

Территория	Местный сток	
	тыс. м ³ /год/чел.	тыс. м ³ /год/км ²
Забайкальский край	18	80
Амурская область	179	470
Хабаровский край + ЕАО	317	611
Приморский край	25	303

Источник: рассчитано по (Доработка проекта..., 2013)

Административные единицы Дальнего Востока, входящие в бассейн р. Амур, в целом наиболее обеспечены стоком в теплую часть года (май-октябрь), на которую приходится от 60 до 90% годового объема. В формировании водообеспеченности в многолетнем разрезе наибольшую роль играют многоводные годы, на их долю приходится 36-46% местного стока, 37-45% притока и 36-42% оттока речных вод. Роль маловодных лет значительно ниже, а средних по водности устойчива и близка к 33% (Плиткин, 1986; Плиткин, Рябчикова, 1989).

Несмотря на то, что отдельные территории российской части бассейна р. Амур относятся к районам, слабо обеспеченным водными ресурсами, что создает условия для возникновения дефицита ресурсов водоснабжения и нарушения норм гидроэкологической безопасности на фоне маловодных лет (Чечель, 2010б), в целом в настоящее время все водопотребители на территории бассейна обеспечены водными ресурсами в полном объеме (Доработка проекта..., 2013).

2.1.2. Китайская часть

Основные реки на китайской части бассейна р. Амур – Сунгари с притоками Неньцзян, Муданцзян; Хумахэ – приток главного русла Амура, Наолихэ и Мулиньхэ – притоки р. Уссури (табл. 2.5). Модуль стока в бассейне р. Сунгари составляет 4,62 л/с*км², среднегодовой сток - 81,8 км³ в год.

Таблица 2.5. Характеристики основных рек в устье

Название реки	Длина, км	Площадь водосбора, тыс. км ²	Годовой сток, км ³	Модуль стока, л/с*км ²
Хумахэ	524	31,2	7,64	7,76
Сунгари	1870	561	81,8	4,62
Неньцзян	1370	298,5	29,4	3,12
Муданцзян	726	28,5	7,59	8,44
Мулиньхэ	577	18,4	2,35	4,05

Источник: составлено и рассчитано по (Amur-Heilong ..., 2008)

Средний расход воды р. Сунгари у г. Харбин составляет 1220 м³/с, у г. Цзямусы – 2110 м³/с, максимальные и минимальные среднесуточные расходы воды различаются более чем в 20 раз (табл. 2.6).

Таблица 2.6. Многолетние характеристики стока рек в пунктах наблюдений

Река	Пункт	Расчетный период, гг.	Среднемноголетние расходы воды, м ³ /с		
			норма*	максим. среднесут.	миним. среднесут.
Сунгари	Харбин	1898-87	1220	3950	175
-"	Цзямусы	1953-87	2110	7550	365
Неньцзян	Тунмон	1953-87	476	2970	12,2
-"	Цзянзяо	1953-87	651	3990	25,9

-"-	Далай	1953-87	682	2990	24,4
Наолихэ	Цайцуйцза	1956-87	59,5	215	0,51
Билаяхэ	Белахун	1956-87	12	139	0,07

* - норма рассчитана как среднеарифметическое

Источник: составлено по данным китайских ежегодников из архива ИВЭП ДВО РАН

Сток р. Сунгари в маловодные годы (95 %-ой обеспеченности) составляет 36,8 км³, т.е. меньше среднемноголетнего в 2,2 раза. Основная его часть проходит в летне-осенние месяцы, самыми многоводными являются август и сентябрь, средние расходы воды за эти месяцы составляют соответственно 5070 и 4560 м³/с (рис. 2.3).

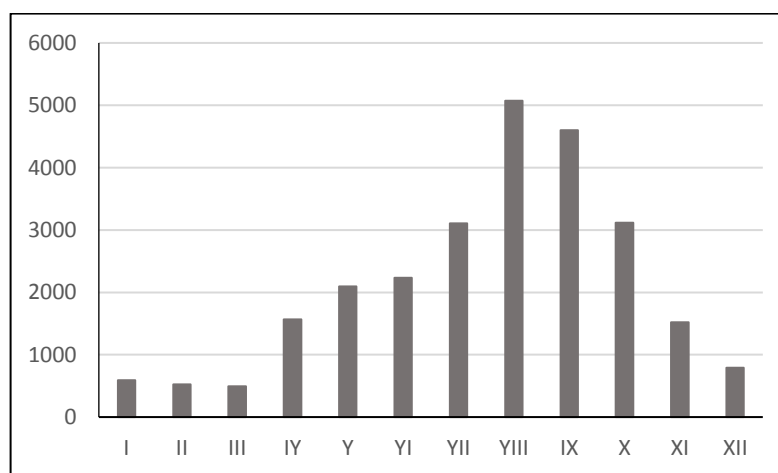


Рис. 2.3. Распределение стока внутри года по месяцам р. Сунгари у г. Цзямусы

Среднемноголетняя удельная водоносность в бассейне р. Сунгари составляет 147 тыс. м³ на 1 км².

Исследованиями среднегодового стока р. Сунгари за период 1898–2000 гг. было установлено, что в целом он увеличивался со средней скоростью 4,2 %/10 лет. На фоне этого многолетнего повышения в водном режиме реки отмечались отдельные периоды пониженного (1898–1927, 1974–1980 гг.) и повышенного (1928–1940, 1952–1967, 1980–1998 гг.) стока (Новороцкий, 2009).

На китайской части бассейна имеет место очень низкая удельная обеспеченность водными ресурсами на 1 человека, граничащая, в соответствии с оценками Всемирного банка (<http://www.worldbank.org/>), с критической³ (табл. 2.7).

Таблица 2.7. Ресурсы поверхностного стока в бассейне р. Амур.

Территория	Местный сток	
	тыс. м ³ /год/чел.	тыс. м ³ /год/км ²
Хэйлунцзян	1,8	149
Цзилинь	1,3	191
Внутренняя Монголия	1,4	30

Источник: рассчитано по данным (Бюро статистики КНР)

По расчетам Министерства водного хозяйств КНР при среднегодовом стоке р. Сунгари в 81,8 км³ общие водные ресурсы в бассейне, включая подземные, составляют 96,1 км³, из них доступно для использования всего 52,3% или 50 км³ в год, что приблизительно соответствует стоку реки в год с водностью 75%-ой обеспеченности. При этом уже в 2010 г. водопотребление в бассейне этой реки составило 45 км³.

Существуют сравнительные оценки, согласно которым местный сток с территории российской части бассейна составляет 268,5 км³ в год, с китайской – 102,1 км³ в год (табл. 2.8)

Таблица 2.8. Сток бассейна р. Амур среднемноголетний

Субъект РФ	Местный сток		Приток с территории КНР, км³
	км³	л/с*км²	
Верхний Амур			
Забайкальский край	23	2,55	8,01* Внутренняя

³ По оценкам Всемирного банка удельная водообеспеченность 1000 – 1700 м³/год на 1 человека считается недостаточной, а менее 1000 м³/год – экстремально низкой.

			Монголия
<i>Средний Амур</i>			
Амурская область	79,4	7	16,5 Хэйлунцзян
ЕАО	7,8	6,9	69 Хэйлунцзян
Приморский край	27,2	9,3	4,1 Хэйлунцзян
<i>Нижний Амур</i>			
Хабаровский край	131,1	7,4	4,5 Хэйлунцзян
Всего	268,5	н/д	102,1

* - совместно с притоком из МНР

Источник: составлено по: (Водно-экологические..., 2003, с.57)

Таким образом, водные ресурсы российской и китайской частей бассейна р. Амур сопоставимы, в целом огромны, однако, используются эти ресурсы крайне неравномерно из-за страновых (РФ и КНР) различий в заселенности и экономическом развитии национальных частей бассейна.

2.2. Факторы водопользования

Объемы водопотребления, определяемые потребностями в водных ресурсах населения и отраслей экономики, зависят от уровня и хозяйственной специфики развития территорий. Значительный вклад в водопотребление вносят крупные водоемкие отрасли промышленности, а также сельское хозяйство, где вода расходуется на орошение, обводнение земель и для нужд животноводства. Животноводство при этом характеризуется небольшим в сравнении с ирригацией водопотреблением, но и возврат использованной воды в этой отрасли незначительный – безвозвратное водопотребление в зависимости от крупности животноводческих хозяйств может достигать 85-90 % (Воропаев, Местечкин, 1981).

К водоемким отраслям с ориентацией на крупные источники водоснабжения относятся химическая, нефтехимическая, легкая

промышленность, электроэнергетика, черная и цветная металлургия, а также некоторые отрасли производства строительных материалов и лесной промышленности (Хрущев, 1990; Данилов-Данильян, 2010). Сочетание этих отраслей, а также численность населения определяют структуру и количественные показатели системы водопользования на конкретной территории.

2.2.1. Российская часть

Население. На российской части бассейна население в 2015 г. составляло 5,3 млн человек, оно постепенно снижается, повторяя динамику населения юга российского Дальнего Востока (РДВ), представленную на рис. 2.4. Плотность населения на большей части российской территории бассейна не превышает 1 чел. на 1 км², а максимальная имеет место в городах (табл. 2.9, рис. 2.5).

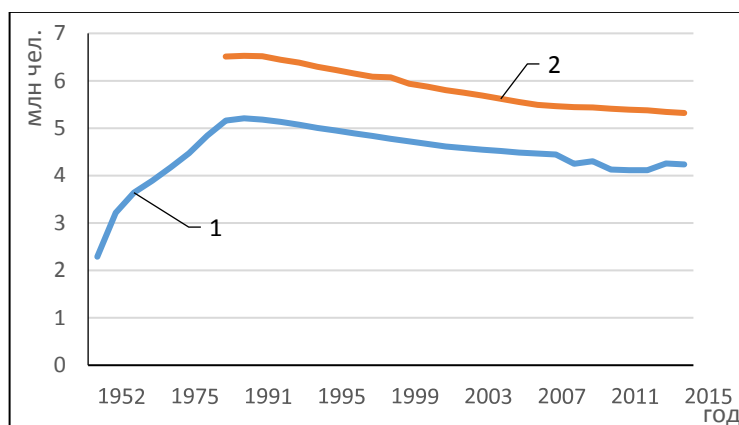


Рис. 2.4. Численность населения, млн человек.

1 – юг РДВ; 2 – бассейн р. Амур

Источник: составлено по (Рыбаковский, 1990; Дальний Восток..., 1999; Сайт Федеральной...)

Таблица 2.9. Плотность населения в крупных городах

Город	Население, чел.	Площадь, км ²	Плотность, чел/км ²
Чита	343511	534	643
Благовещенск	229713	321	716
Биробиджан	74559	169	441

Хабаровск	611160	383,4	1594
Комсомольск-на-Амуре	251283	325	773
Амурск	40561	145	280
Лесозаводск	36027	3064	11,8

Источник: составлено по данным (Сайт Федеральной...)

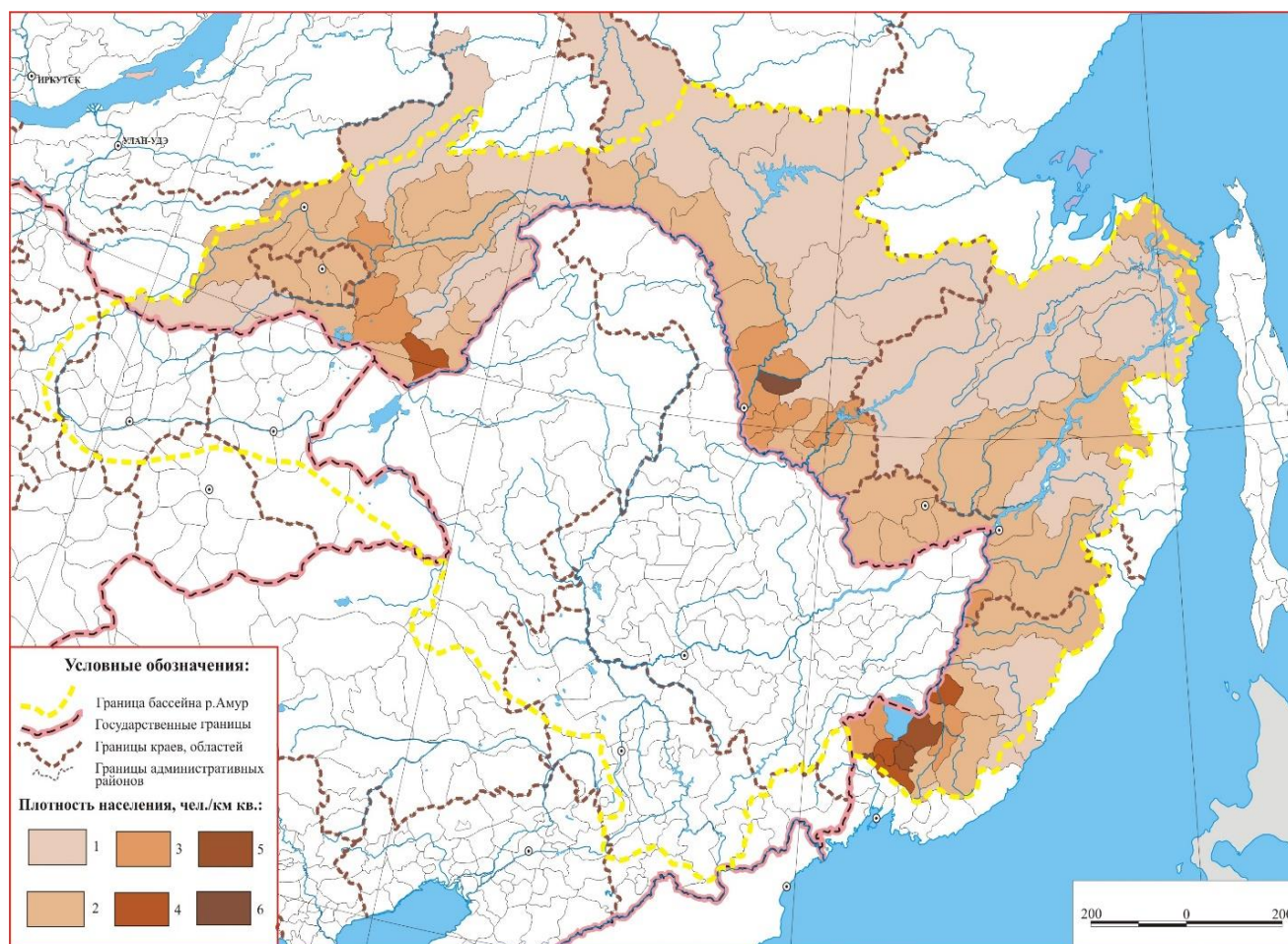


Рис. 2.5. Плотность населения, чел./км²

1 – до 1 чел. на 1 км²; 2 – от 1 до 5 чел./км²; 3 – от 5 до 10 чел./км²; 4 – от 10 до 15 чел./км²; 5 – от 15 до 20 чел./км²; 6 - более 20 чел./км²

Промышленное производство. Анализ структуры промышленных отраслей на российской части бассейна показывает, что наиболее водоемкими здесь являются энергетика, а также металлургическое производство. До 1996 г. на территории бассейна функционировал Амурский целлюлозно-картонный

комбинат, максимальное производство целлюлозы на котором в 1990 г. составляло 1,66 млн т.

Общее производство электроэнергии в субъектах РФ, входящих в бассейн р. Амур, за период с 1970 по 2015 гг. выросло с 11,1 до 40,6 млрд кВт/час, наибольшие объемы в настоящее время производятся в Амурской области и Приморском крае (рис. 2.6).

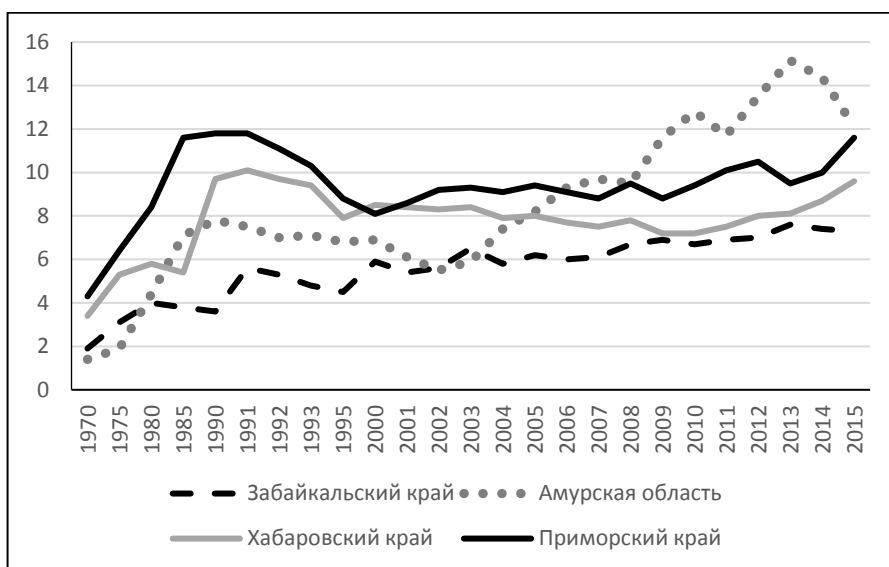


Рис. 2.6. Производство электроэнергии, млрд кВт/час

Составлено по: (Народное хозяйство..., 1980; Дальний Восток..., 1999; Регионы России, 2001; Промышленное производство..., 2012а; Промышленное производство..., 2012б; Промышленное производство..., 2013; Российский статистический..., 2009; Амурская область..., 2015; Сайт Федеральной...)

При производстве электроэнергии вода требуется для технического водоснабжения, для пожаротушения и хозяйственно-бытовых нужд. Техническое водоснабжение служит для охлаждения оборудования (60—70 % воды расходуется на охлаждение генераторов и для водяной смазки турбинных подшипников), подпитки и очистки оборотных систем, а также для гидрозолоудаления.

Металлургическое производство на территории бассейна р. Амур началось в 1941 г., когда был запущен литейный цех завода «Амурсталь». Через год была запущена первая мартеновская печь, в 1961 г. их работало уже 3, а в 1967 г.

введен в эксплуатацию первый электросталеплавильный цех. В 1997 г. после процедуры банкротства «Амурстали» создано ОАО «Амурметалл». Производственная мощность двух электродуговых печей сталеплавильного цеха этого предприятия составляет 2,15 млн. тонн стали в год.

Максимальное производство стали составляло 1669 тыс. т в 1990 г., к 2015 его объемы снизились более чем в 3 раза и составили 534 тыс. т (рис. 2.7).

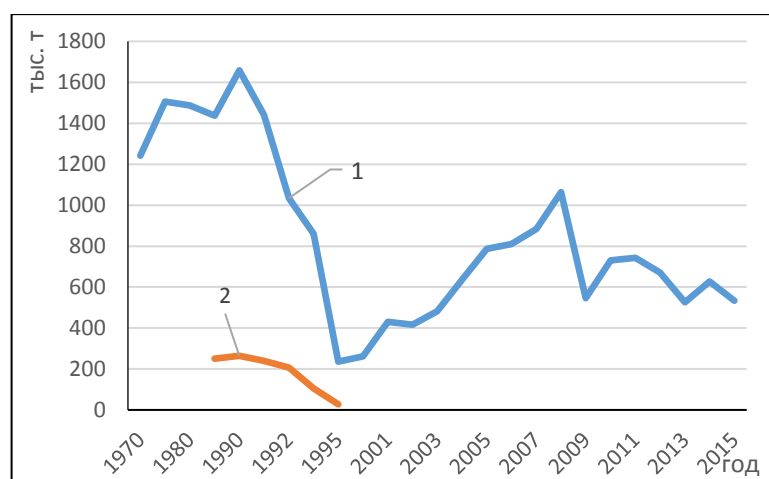


Рис. 2.7. Производство целлюлозы и стали, тыс. т

1 – сталь; 2 - целлюлоза

Составлено по: (Народное хозяйство..., 1980; Дальний Восток..., 1999; Российский статистический..., 1994; Регионы России, 2010; Сайт Федеральной...)

При производстве стали в электродуговых печах вода требуется для охлаждения самих печей, применяется в мокрых системах газоочистки и для других нужд (ИТС 26..., 2017). В 1970-80-е гг. забор воды на «Амурстали» увеличивался с 28 до 69 млн м³ в год (рис. 2.8).

В отрасли черной металлургии в целом по РФ до 98-100 % потребляемой воды находится в замкнутом водооборотном цикле. На ОАО «Амурметалл» в настоящее время действует замкнутая водооборотная система, сброс технологических сточных вод в водные объекты не производится, хозяйственно-бытовые сточные воды передаются МУП «Водоканал» г. Комсомольск-на-Амуре (Годовой отчет..., 2009).

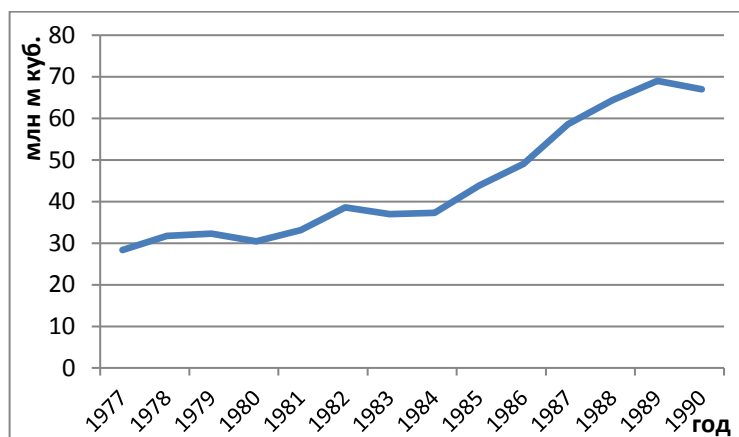


Рис. 2.8. Водопотребление завода Амурсталь, млн м³/год

Источник: составлено по (Охрана окружающей..., 1980; Охрана окружающей..., 1986; Охрана окружающей..., 1991).

Амурский целлюлозно-картонный комбинат (АмЦКК), мощнейший деревоперерабатывающий комплекс, был введен в эксплуатацию в 1967 году. Промплощадки комбината были расположены в г. Амурске, основными видами производимой продукции предприятия являлись сульфитная вискозная беленая и сульфатная целлюлоза, картон, кормовые дрожжи. Максимальные объемы производства целлюлозы были достигнуты в 1991 г. и составляли 240 тыс. т (см. рис. 2.7). В 1994 г. из-за кризиса экономики производство на АмЦКК было остановлено.

В технологических процессах при производстве целлюлозы вода используется для увлажнения коры при подготовке древесины (окорки различными способами), при варке щепы, промывке полученной целлюлозы, ее отбелке и т. д. (Информационно-технический..., 2015б). В период своей работы АмЦКК при химической переработке древесины расходовал 250-500 м³ воды на 1 тонну вырабатываемой продукции. В 1977-78 гг. забор и использование воды с учетом водооборотных циклов на предприятии составляли 17-19 млн м³ и 235-253 млн м³ в год соответственно (Охрана окружающей..., 1980).

В обозримом будущем производство целлюлоза на российской части бассейна р. Амур, вероятно, будет возобновлено. В настоящее время ведется

строительство Амазарского целлюлозного завода в Могочинском районе Забайкальского края с проектной мощностью 230 тыс. т небеленой целлюлозы в год. Также планируется к реализации проект Амурского целлюлозного комбината в г. Амурске на 500 тысяч тонн целлюлозы и 15 тысяч тонн сырого таллового масла в год.

Сельское хозяйство. Крупным водопотребителем на российской части бассейна является сельское хозяйство, где наибольшие объемы воды используются для орошения сельскохозяйственных угодий. Из всех орошаемых культур самая водоемкая культура - рис, для которого обеспечение водой является одним из важнейших элементов агротехники (Горбатенко, 2015).

Практически весь рис производится в Приморском крае. Период зарождения отрасли рисосеяния на его территории относится к началу 20-го века (1908-25 гг.). Ускоренное развитие рисосеяния на российской части бассейна р. Амур началось с середины 1960-х гг., максимум посевных площадей - 49,2 тыс. га – достигнут в 1984 г. (рис. 2.9). С 2007 г. происходит восстановление рисосеяния после сильного спада, в 2015 г. посевные площади под рисом составляли 20,6 тыс. га, а общий объем водопотребления на нужды орошения в крае – 151 млн³.

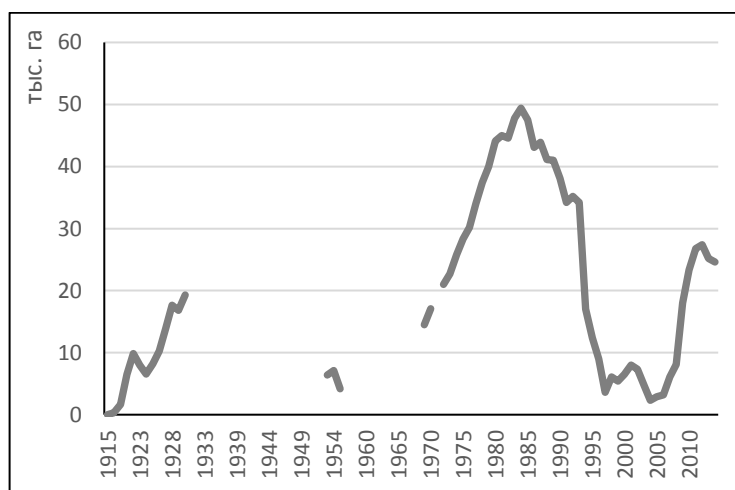


Рис. 2.9. Динамика посевных площадей под рисом в Приморском крае, тыс. га

Источник: составлено по (Тур и др., 1985; Проблемы рисосеяния..., 1999; Сельское хозяйство..., 2013; Посевные площади..., 2012; Посевные площади..., 2015).

На российской части бассейна из всех водоемких отраслей только в производстве электроэнергии к настоящему времени достигнут уровень 1990 г., это характерно практически для все субъектов РФ, входящих в бассейн р. Амур, объемы производства стали составляют около 50 % от уровня 1990 г., производство целлюлозы прекратилось, а посевные площади риса немногим превышают половину от достигнутого максимума 1983 г.

Таким образом, набор водоемких отраслей на российской части бассейна р. Амур ограничен и включает в себя отрасли по производству электроэнергии, черную металлургию и рисосеяние.

2.2.2. Китайская часть

Население. На китайской части бассейна р. Амур, большая доля которой находится на территории провинций Хэйлунцзян и Цзилинь, интенсивное развитие началось в 1950-х гг., в это время были построены крупные промышленные предприятия, началось активное заселение; с 1960-х гг. началось ускоренное развитие растениеводства, в т.ч. рисосеяния. В период с 1950 по 2015 гг. численность населения в провинции Хэйлунцзян увеличилась с 11,1 до 38,1 млн чел.; Цзилинь – с 10,1 до 27,53 млн чел.; во Внутренней Монголии – с 6,1 до 25,11 млн чел. В последние 35 лет средние темпы роста составили 150-180 тыс. чел. в год, при этом с 2001 г. они замедлились в несколько раз, а в провинции Хэйлунцзян население в 2014-15 гг. даже снижалось (рис. 2.10).

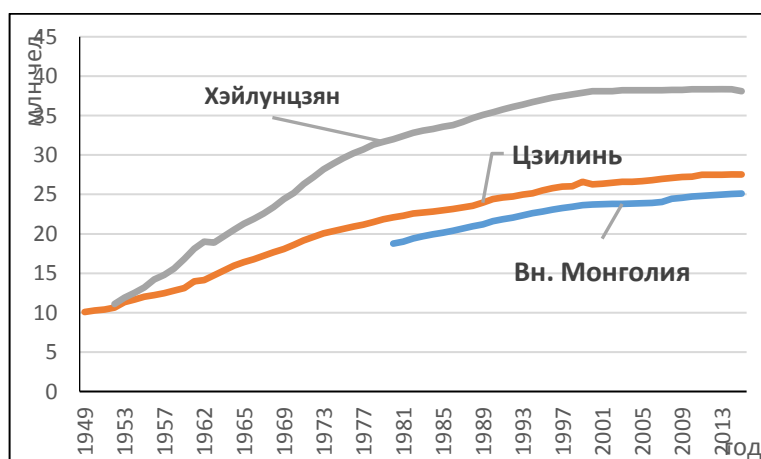


Рис. 2.10. Численность населения, млн чел.

Источник: (Heilongjiang statistical..., 2010; Jilin statistical ..., 2010; Inner Mongolia statistica..., 2010; Сайт Национального...)

Промышленность. К отраслям с высокой водоемкостью, развитым на территории китайской части бассейна р. Амур относятся энергетика, металлургическое производство, нефтепереработка и нефтехимия, текстильная промышленность, целлюлозно-бумажная, пивоваренная и производство алкоголя, к маловодоемким отраслям - пищевая промышленность, стекольная, фармацевтическая, производство цемента, пиломатериалов, машиностроение (People`s Republic., 2005). Объемы производства в отдельных водоемких отраслях приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10. Производство водоемкой продукции на китайской части бассейна

территория	химическое волокно, тыс. т	бумага и картон, тыс. т	сырая нефть, тыс. т	химические удобрения, тыс. т	железо, тыс. т
1995 г.					
Хэйлунцзян	140	705,4	56015	436,9	744,4
Цзилинь	60,4	594,4	3427	313,8	1035
Вн. Монголия	7,1	191,5	-	173,5	3458
2015 г.					
Хэйлунцзян	80	517	38386	494	4089
Цзилинь	302	746	6655	571	9794
Вн. Монголия	25	123	4548	2930	14610

Источник: составлено по данным (Сайт Национального...)

Основное производство электроэнергии располагается в автономном районе Внутренняя Монголия, его рост с 2004 по 2015 г. составил почти 5 раз; в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь производство за этот период изменилось незначительно (рис. 2.11).

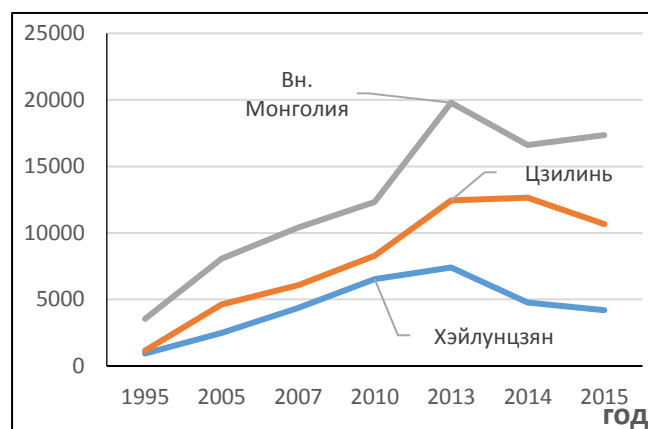


Рис. 2.11. Производство электроэнергии, млрд. кВт*час

Динамика производства этилена и стали представлена на рис. 2.12, который иллюстрирует снижение производства стали с 2013 г. во всех трех рассматриваемых административных территориях.



а) этилен



б) сталь

Рис. 2.12. Производство этилена и стали, тыс. т

Сельское хозяйство. Наличие на китайской части бассейна р. Амур уникальных черноземов площадью 20,8 млн га определило развитие здесь водоемкой сельскохозяйственной отрасли с выращиванием орошаемых культур. Кроме того, вследствие большого поголовья сельскохозяйственных животных определенное количество воды расходуется на их содержание.

История сельскохозяйственного освоения территории китайской части бассейна р. Амур насчитывает 65 лет, первыми посевными культурами, выращиваемыми на ранее неосвоенных землях, были рис и кукуруза (Глушаков,

1948). До 1940 г. на китайской части бассейна в структуре посевных площадей на долю риса приходилось всего 2,4%, его разведением занимались корейцы, а основная зона рисосеяния находилась в юго-восточной части провинции Хэйлунцзян. Резкий рост посевных площадей под рисом произошел после 1960 г. за счет использования бывших богарных земель, лесных и водно-болотных угодий (рис. 2.13). Основная зона рисосеяния находится на равнинах Songnen и Sanjiang, т.е. в провинциях Хэйлунцзян и Цилинь. Только с 1980 по 2015, например, в провинции Хэйлунцзян посевные площади под рисом увеличились почти в 15 раз – с 210 тыс. га до 3,18 млн га.

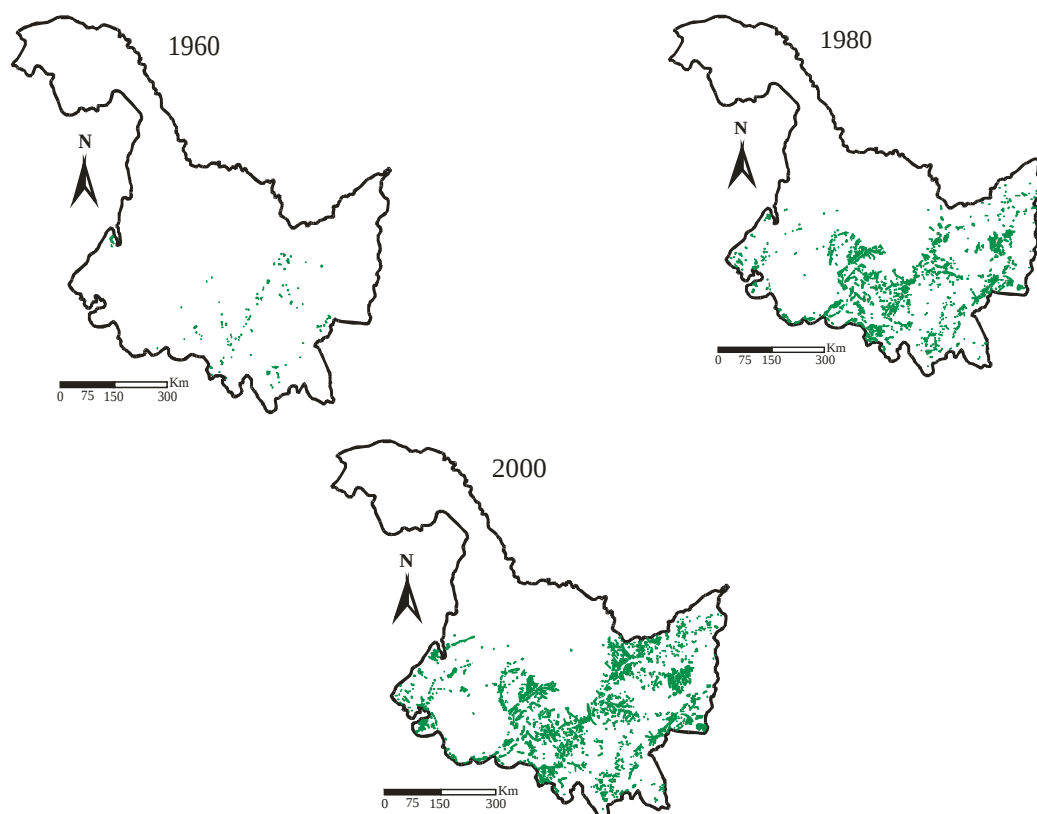


Рис. 2.13. Развитие рисосеяния на территории провинции Хэйлунцзян. Источник: составлено по (Climate warming..., 2011)

Общая площадь орошаемых земель в этих провинциях с 1949 по 2015 г. увеличилась соответственно, с 128 до 5531 тыс. га и с 87 до 1791 тыс. га (рис. 2.14).

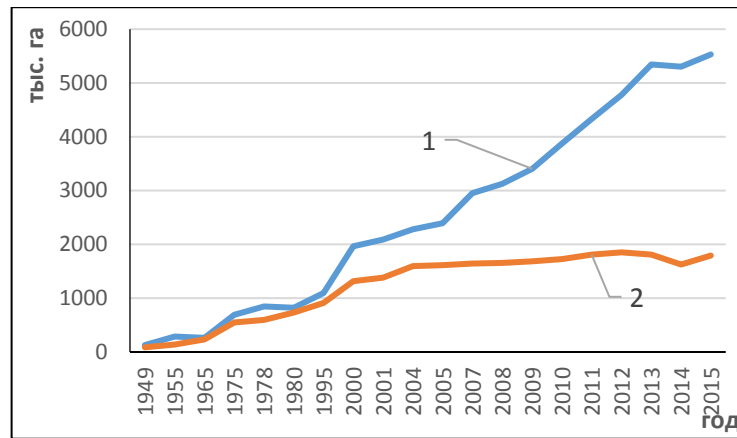


Рис. 2.14. Орошаемые земли, тыс. га

1 – Хэйлунцзян; 2 – Цзилинь

Кроме риса, на территории китайской части бассейна орошаются и другие сельскохозяйственные культуры, к ним относятся такие зерновые и зернобобовые как пшеница, кукуруза и соя (рис. 2.15, 2.16).

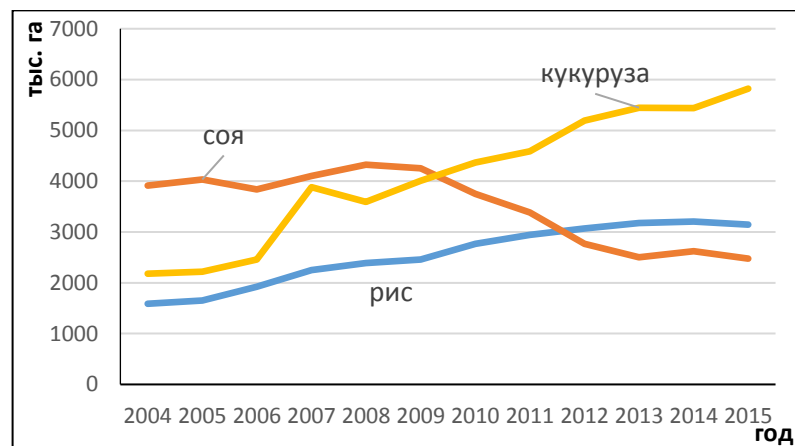


Рис. 2.15. Хэйунцзян. Орошаемые с/х культуры, тыс. га

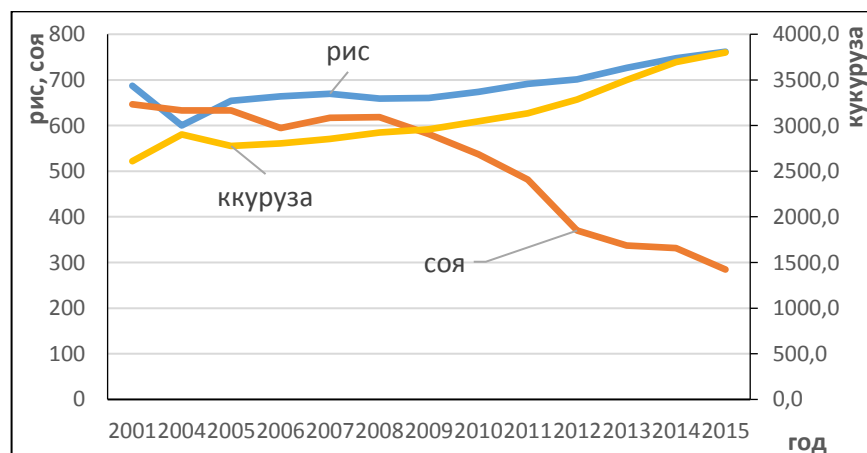


Рис. 2.16. Цзилинь. Основные орошаемые с/х культуры, тыс. га

Структура посевных площадей основных с/х культур за последние 30 лет существенно менялась. Так, в провинции Хэйлунцзян изменилось соотношение между площадями кукурузы и сои за счет увеличения доли риса, посевные площади под которым в 2014 г. составляли более 3 млн га. В провинции Цзилинь доля риса в посевных площадях зерновых и зернобобовых культур значительно меньше, как и абсолютные значения посевных площадей, при этом кукуруза являлась преобладающей с/х культурой последние 20 лет (табл. 2.11).

Таблица 2.11. Структура посевных площадей под основными с/х культурами, тыс. га, %

год	Зерновые и зернобобовые	в т.ч. Зерновые			в т.ч. соя
		рис	пшеница	кукуруза	
АР Внутренняя Монголия					
1995	2866,6 / 100	78,6 / 3	1017 /35	992 / 35	779 / 27
2010	4244,9 / 100	92,2 / 2	566 / 13	2486,7 / 59	1100 / 26
2013	4573,1 / 100	75,9 / 2	571,2 / 12	3170,6 / 69	755,4 / 17
2015	5726,7 / 100	78,9 /	4523,9 /	3407,2 /	689,5 /
Хэйлунцзян					
1995	6951 / 100	835 / 12	1116 / 16	2411 / 35	2589 / 37
2010	11167 / 100	2769 / 25	280 / 3	4368 / 39	3750 / 34
2013	11256,7 / 100	3175,6 / 28	133 / 1	5447,5 / 48	2500,6 / 22
2015	11765,2 / 100	3147,8 /	71,1 /	5821,1 /	2476,1 /
Цзилинь					
1995	3290,4 / 100	430 / 13	80,4 / 2	2344 / 71	436 / 13
2010	4261,6 / 100	674 / 16	3,6 / 0	3047 / 71	537 / 13
2013	4563,2 / 100	726,7 / 16	0 / 0	3499,1 / 71	337,4 / 7

2015	5078 / 100	761,7 /	0,3 / 0	3800 /	284,6 /
------	------------	---------	---------	--------	---------

Источник: Составлено по данным (Сайт Бюро ...)

За счет орошения и огромных посевных площадей сельское хозяйство является самой водоемкой хозяйственной отраслью на китайской части бассейна, и в условиях напряженного водохозяйственного баланса КНР стремится к уменьшению потребления воды для целей орошения. Единственный существующий для этого способ⁴ - оптимизация оросительных норм. Эта оптимизация, до начала которой широко применялся традиционный режим орошения земель под рис – непрерывным глубоким затоплением, осуществляется в рисосеянии на китайской части бассейна с 1980-х гг. Со времени ее начала удельные объемы воды на единицу орошаемой площади на территории отдельных провинций, входящих в бассейн Амура, снизились значительно, например, за период 1985 - 2014 гг. в Хэйлунцзяне с 16875 до 6750 м³/га, в Цзилине – с 8335 до 5790 м³/га (рис. 2.17).

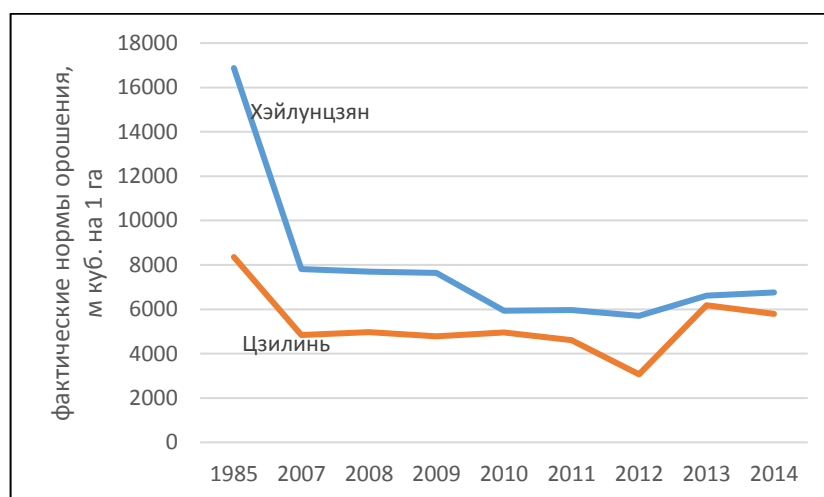


Рис. 2.17. Нормы орошения, тыс. м³ на 1 га

Источник: составлено по (Jemes E.Nickim, 1995; Songliao Water Resources Bulletin. 2007-2014)

⁴ Имеется ввиду способ уменьшения водопотребления на орошение, а не уменьшение использования воды в сельском хозяйстве в целом, которое возможно за счет замены водоемких культур на маловодоемкие.

Оптимизация осуществлялась на основе разработанных в КНР программ. Например, для улучшения продуктивности водных и земельных ресурсов в КНР в начале 1980-х гг. была разработана Программа эффективного использования воды при орошении - Water Efficient Regimes Programmer for Irrigation (WEI), которая предлагала более 10 водосберегающих режимов орошения для риса в зависимости от различных погодных условий, почвы, рельефа, выращиваемых сортов, обеспеченности водными ресурсами, типа ирригационных проектов и др. В бассейне р. Амур с момента начала действия Программы на отдельных оросительных системах применяются следующие режимы.

1. Периодическое увлажнение и осушение. После стадии кушения растения режим орошения, вплоть до стадии молочной спелости, применяются два способа контроля за водным режимом рисового поля – в первом случае рисовое поле орошается на глубину 50-60 мм каждые в 6-8 дней, затем высыхает естественным путем, находясь в сухом состоянии 2-3 дня. Во втором случае, соответственно, на глубину 30-40 мм каждые 2-3 дня, находясь в сухом состоянии 1-2 дня.

2. «Полусухое» культивирование. Этот режим отличается от предыдущего, глубина затопления (30-50 мм) поддерживается только в фазу зарождения зеленого растения, максимум до середины фазы кушения. В остальные фазы роста вода на рисовом поле отсутствует. Это наиболее эффективный с точки зрения водосбережения режим, может быть использован на различных почвах.

В сравнении с традиционным способом орошения при использовании подобных режимов орошения объемы использования воды снижаются на 7-25 и 20-50%, а урожайность может быть повышена на 2,9-6,4 и 8,5% соответственно.

Самый инновационный способ, применяемый для орошения в КНР – Controlled Alternate Partial Root-zone Irrigation (CAPRI), или иначе называемый «partial root-zone drying» (PRD) – частичное орошение корневой зоны растения, в этом случае полив применяется только для части корневой зоны в зависимости от потребности растения, оставшаяся часть корневой системы питается водой за счет капиллярного подъема, в случае рисовых систем экономия воды достигает 50% без снижения урожайности.

Все перечисленные выше мероприятия относятся к группе технологических, параллельно с которыми возможно применение других, например, снижающих потери воды в оросительной сети и увеличивающих коэффициент использования воды при орошении. Так, увеличение эффективности использования воды при орошении на 10-20 % позволило бы экономить на китайской части бассейна около 3 км³ воды.

Анализ структуры экономического производства на китайской части бассейна показывает, что набор водоемких отраслей здесь гораздо шире, чем на российской, при этом огромные объемы воды требуются при производстве водоемких сельскохозяйственных культур, прежде всего, риса.

Глава 3. Сравнительный анализ показателей водопользования в трансграничном бассейне р. Амур

3.1. Российская часть

Забор воды на российской части бассейна осуществляется преимущественно из поверхностных водоисточников, его доля от общего объема составляет в зависимости от субъекта РФ от 5 до 88 % (рис. 3.1).

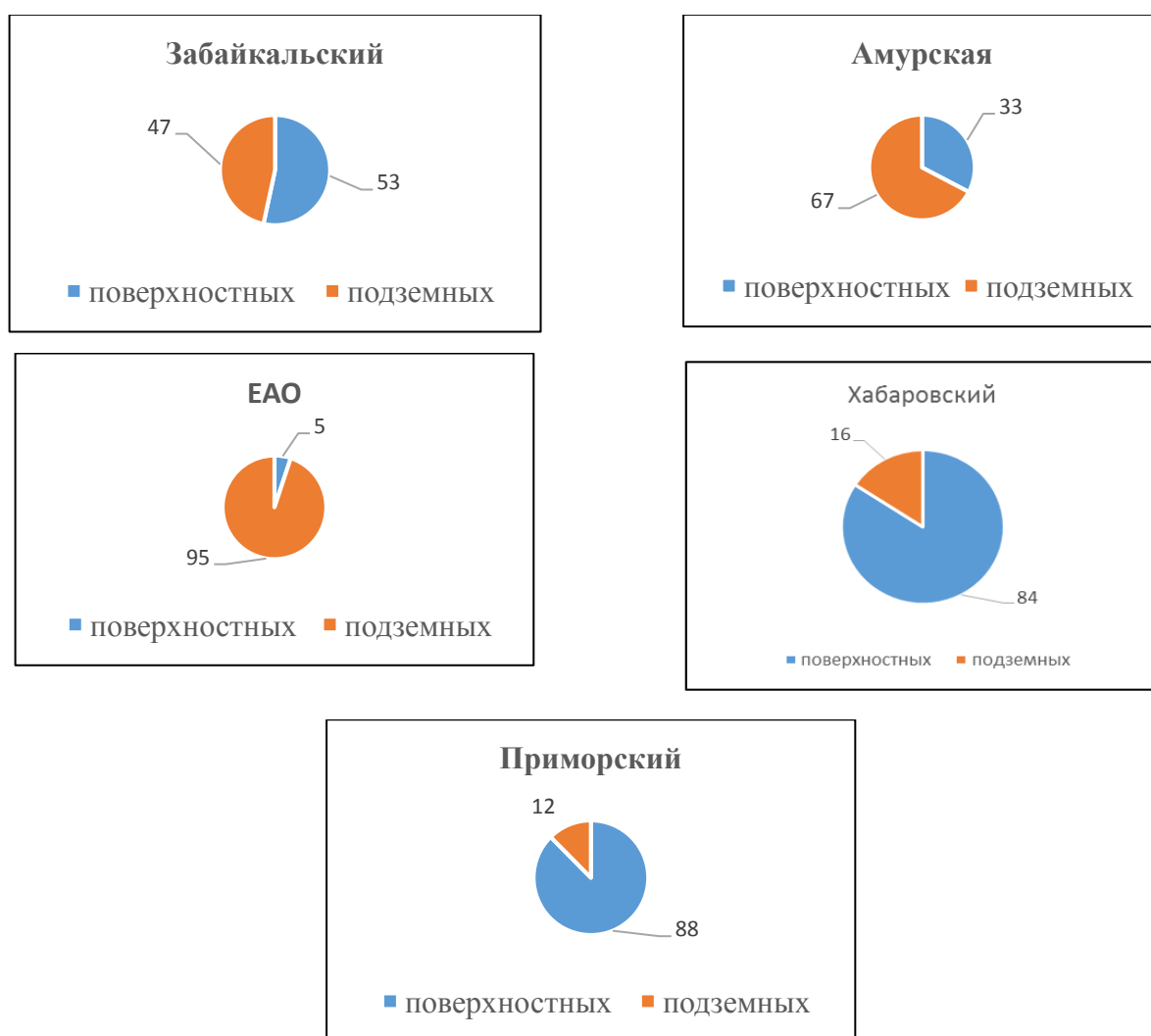


Рис. 3.1. Структура забора свежей воды, %

Общий объем водопотребления в целом по бассейну по данным за 2015 г. составлял 1,27 км³, снижение водопотребления началось еще в 1985 г. с максимальных значений в 2,53 км³. Темпы этого снижения в 1990-х и начале

2000-х гг. были выше, чем по РФ в целом. Практически до нуля в период 2000–2005 гг. снижалось сельскохозяйственное водопотребление из-за резкого сокращения производства риса (рис. 3.2). Определенная стабилизация на уровне 1,3–1,5 км³ в год с тенденцией небольшого снижения средними темпами 16 млн м³/год наблюдается с 2005 г. Это снижение вызвано, в основном, уменьшением водопотребления на орошение в Приморском крае и на хозяйственно-бытовые и питьевые нужды в целом по бассейну, что может быть обусловлено как с сокращением численности населения, так и с установкой приборов учета воды, ведущей к ее экономии.

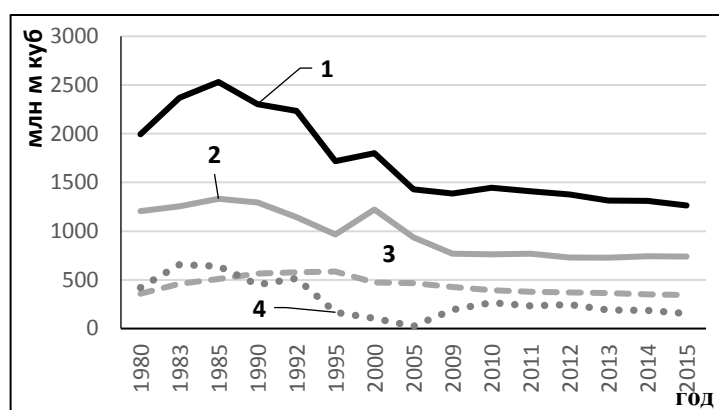


Рис. 3.2. Динамика водопотребления, млн м³

1 – всего; 2 – производственные нужды; 3 – питьевые и хозяйственно-бытовые; 4 – с/х. Составлено по (Охрана окружающей..., 1983, 1993; Информационный..., 2005-2015)

Структура водопотребления за последние 30 лет изменялась незначительно. За весь рассматриваемый период доля производственных нужд в общем водопотреблении превышала 50 %, наиболее значительно – в 1980 и 2000-05 гг. – 61 и 68-65 % соответственно. В период 2000-05 гг. доля водопотребления в сельском хозяйстве, как и его абсолютные объемы, падала до 2%. В последние 5 лет доля производственного водопотребления остается на уровне 53-55%, хозяйственно-питьевого 27-30%, сельскохозяйственного 15-18%.

Темпы спада объемов водопотребления в 1990-х и начале 2000-х гг. были выше, чем по РФ в целом, что обусловлено сокращением или полным исчезновением отдельных производств (Мошков, 2008), в т.ч. водоемких.

Динамика отдельных показателей водопользования каждого из субъектов, входящих в российскую часть бассейна р. Амур, имеет свою специфику. Так, объемы забора воды в Забайкальском крае с 1990 г. незначительно увеличились (на 7 %), а в ЕАО его современные объемы находятся приблизительно на уровне 1995 г. и в 1,2 раза ниже уровня 1990 г. В остальных субъектах за последние 25 лет забор свежей воды снизился в 1,4-2 раза (Приложение 1). Приблизительно в схожих пропорциях изменялись объемы использования и сброса воды. Динамика использования свежей воды по субъектам РФ приведена на рис. 3.3.

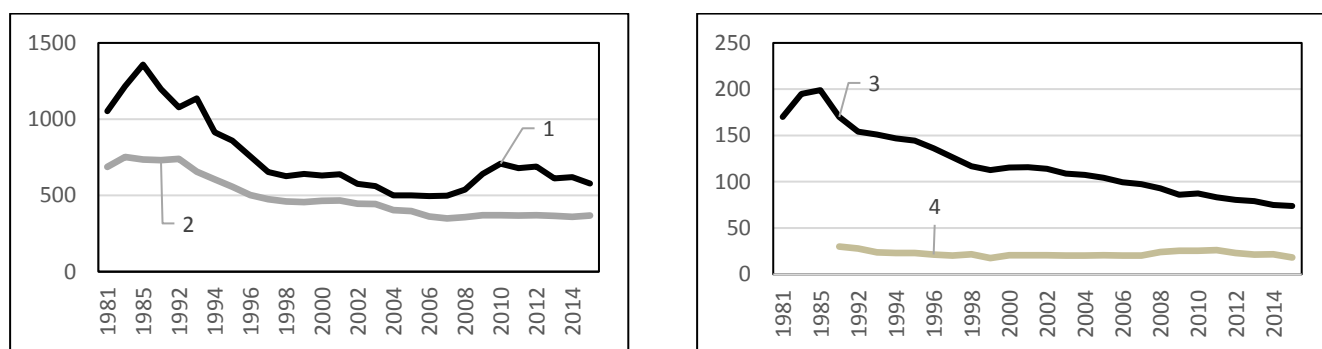


Рис. 3.3. Динамика водопотребления в отдельных субъектах РФ, млн м³

1 – Приморский край; 2 – Хабаровский край; 3 – Амурская область; 4 - ЕАО

На фоне снижения количества забранной и использованной воды в целом по бассейну объемы оборотно-повторного водоснабжения увеличились – с 4629 в 1985 г. до 5601 млн м³ в 2015 г. (рис. 3.4), увеличение произошло во всех субъектах РФ, за исключением ЕАО (Приложение 2).

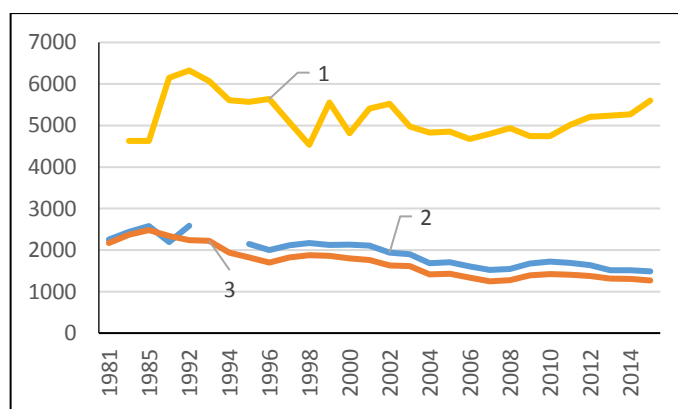


Рис. 3.4. Динамика показателей водопользования, млн м³.

1 – оборотно-повторное; 2 – забор воды; 3 – использование воды

По данным за 2015 г. соотношение между объемами оборотно-повторного водоснабжения и общего водопотребления в среднем по субъектам составляет 3,7 раза, средний по российской части бассейна коэффициент использования оборотной воды в общем объеме водопотребления составляет 82 %, в водопотреблении на производственные нужды – 88 %. В Забайкальском крае оборотно-повторное водоснабжение применяется в энергетике, добыче россыпного золота и на ППГХО Краснокаменский; в Амурской области, в основном, при добыче россыпного золота и производстве электроэнергии; в ЕАО – энергетике и золотодобыче; в Хабаровском крае - в энергетике, черной и цветной металлургии, нефтепереработке, добыче россыпного золота и пищевой промышленности; в Приморском крае, в основном, при производстве электроэнергии.

Структура использования воды по видам экономической деятельности в отдельных субъектах РФ также имеет свою специфику. На фоне высокой доли отрасли производства и распределения электроэнергии, газа и воды значительна доля в общем водопотреблении отрасли добычи полезных ископаемых в Забайкальском крае и Амурской области. О наличии орошения свидетельствует определенная доля в общем водопотреблении отрасли сельского хозяйства в ЕАО и Приморском крае. На фоне остальных субъектов РФ выделяется Хабаровский край, подавляющая доля воды здесь расходуется на нужды энергетики и коммунального хозяйства (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Структура использования воды по видам экономической деятельности, %

субъект	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	Добыча полезных ископаемых	Обрабатывающие производства	Сельское хозяйство	Рыболовство, рыбоводство	Прочие
Забайкальский край	71	20	1	1	0	7

Амурская область	61	25	0	2	0	12
ЕАО	69	0	6	16	5	4
Хабаровский край	89	1	1	1	2	2
Приморский край	60	0	4	31	0	5

Источник: составлено по (Информационный.... 2014)

В структуре сброса загрязненных сточных вод целом для всех субъектов РФ преобладает отрасль производства электроэнергии, газа и воды, за исключением Забайкальского края, где наибольшие объемы загрязненных сточных вод образуются при добыче полезных ископаемых (табл. 3.2).

Таблица 3.2. Структура сброса загрязненных сточных вод по видам экономической деятельности, %

субъект	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	Добыча полезных ископаемых	Обрабатывающие производства	Сельское хозяйство	Рыболовство, рыбоводство	Прочие
Забайкальский край	12	78	10			
Амурская область	78	3	-	1	-	16
ЕАО	81	-	-	3	9	7
Хабаровский край	87	6	3	4		
Приморский край	87	7	2	4		

Источник: составлено по (Информационный.... 2014)

В структуре использования воды промышленностью преобладает электроэнергетика, ее доля в целом по бассейну в 2010 г. составляла 85 %, доля цветной металлургии – 9 %, машиностроения и химической промышленности – не более 1,5 % каждая (табл. 3.3).

В сравнении с началом 1980-х гг. абсолютные значения потерь воды при транспортировке в целом по бассейну в 1990-х гг. увеличивались, этот рост мог быть связан с ростом количества аварийных ситуаций на трубопроводах (в подобных случаях требуется их опорожнение); с постановкой на обслуживание новых объектов изношенной коммунальной инфраструктуры в аварийном состоянии. С начала 2000-х гг. общие потери начали снижаться (рис. 3.5), в определенной степени, за счет уменьшения в субъектах РФ с наибольшим водопотреблением - в Приморском и Хабаровском краях (Приложение 3). В целом за 2000-2015 гг. они снизились с 210 до 113 млн м³. При этом в Забайкальском крае, Амурской области и ЕАО потери воды возрастают, согласно данным Амурского БВУ (Информационный..., 2015), это происходит за счет продолжения установки приборов учета воды, что не позволяет эти потери скрывать. Доля потерь воды от объема забранной воды в целом снижается, но при этом в отдельных субъектах РФ, а именно, в Забайкальском крае и ЕАО, имеет место ее повышение.

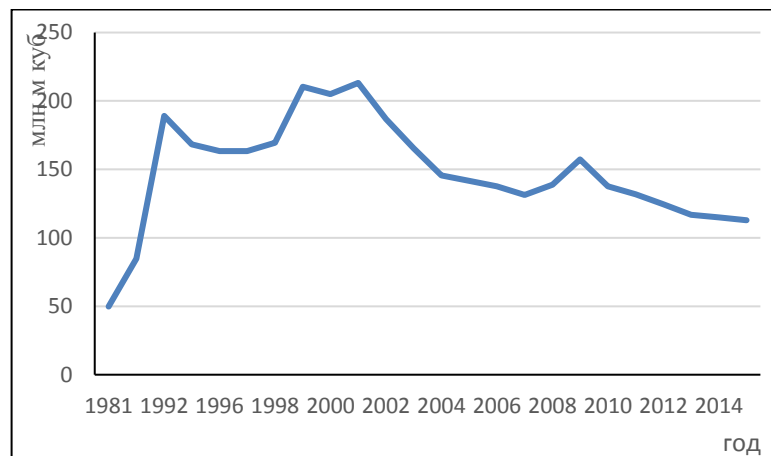


Рис. 3.5. Потери воды при транспортировке в бассейне р. Амур, млн м³

Объемы сброса сточных вод в течение 35 лет снизились, общий объем – в 1,7 раза. Снижение объемов сброса сточных вод в целом по бассейну происходило вслед за уменьшением водопотребления. Одна из причин снижения, не связанная с объемами вырабатываемой продукции и численностью населения, характерна для добывающей отрасли, например, угольной, когда при разработке пластов различной природной водоносности уменьшение притока воды в

Таблица 3.3. Структура использования воды промышленностью, млн м³/%

	год	всего	Энергетика	Цветная металлургия	Черная Металлургия	Машиностроение	Химическая промышленность	Топливная	Прочие
Приморский край	2004	278	251/90	2,58/1	0/0	5,28/2	8,63/3	0,22/0	9,8/4
	2010	293	267/91	1,32/0,5	0,17/0,1	4,56/1,6	11,54/3,9	0,21/0,1	8,7/3
Хабаровский край	2004	268	234/89	4,05/2	2,35/1	8,85/3	0,19/0	4,53/2	6,84/3
	2010	231	212/92	3,75/1,6	2,23/1	4,68/2	0,13/0,1	4,83/2,1	3,15/1,4
Амурская область	2004	36,3	6,4/18	27,6/76	0/0	0,75/2	0/0	0,12/0	1,48/4
	2010	33	8,85/27	22,9/69	0/0	0,38/1,2	0/0	0,05/0,2	0,82/2,5
Забайкальский край	2004	331	198/90	0,11/2	-	0/0	-	10,5/8	3,59/2
	2010	203	161/79	39,3/19	-	1,38/0,7	-	0,38/0,2	0,88/0,4
ЕАО	2004	1,46	0,67/46	0,23/16	-	0,12/8	-	0,08/1	0,44/30
	2010	2,55	0,83/32	1,17/46	-	0/0	-	0/0	0,55/22
Итого по бассейну	2004	915	690/75	34,8/4	4,6/0,5	15/1,6	8,8/1	15,4/1,7	22/2,4
	2010	763	650/85	68/9	2,4/0,3	11/1,4	12/1,5	5,5/0,7	14/1,8

Источник: составлено по (Информационный.... 2005, 2010)

карьер вызывает уменьшение объемов откачки и сброса карьерных вод (Информационный..., 2015). Объемы сброса сточных вод снижаются также из-за более точного их определения вследствие установки в многоквартирных домов приборов учета.

Сброс загрязненных сточных вод сопоставим с мощностью очистных сооружений (ОС) (рис. 3.6), незначительный рост которой наблюдается с 2010 г. Однако, этот рост произошел за счет Приморского края, (в основном, в г. Владивостоке, который находится за пределами бассейна), и в меньшей степени за счет Забайкальского края, в отдельных же субъектах РФ мощность ОС даже снижалась (рис. 3.7). Увеличение мощности очистных сооружений может быть связано со строительством новых отстойников золотодобывающими предприятиями, уменьшение же - со снятием с учета или закрытием предприятий золотодобычи.

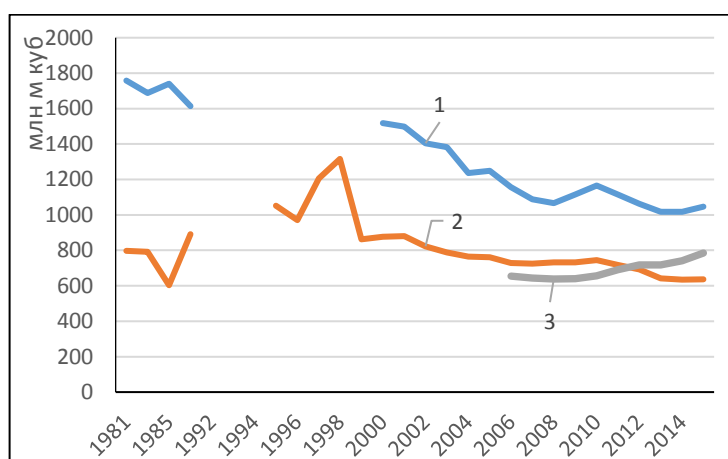


Рис. 3.6. Сброс сточных вод и мощность очистных сооружений в целом по бассейну, млн м³

1 – всего; 2 – в т.ч. загрязненных; 3 – мощность очистных сооружений

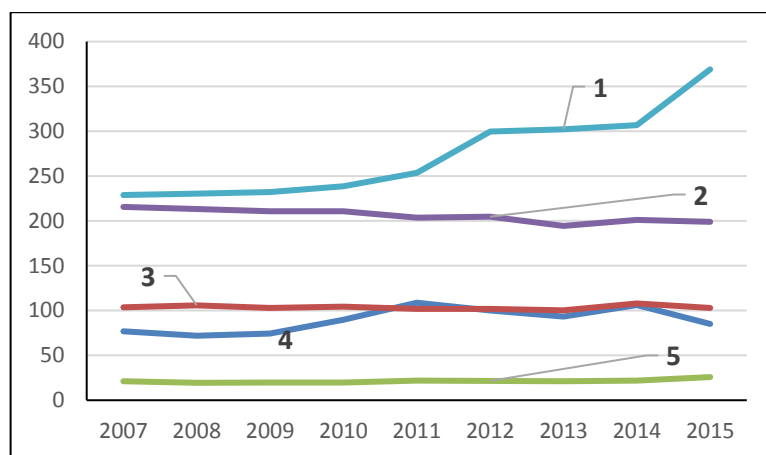


Рис. 3.7. Мощность очистных сооружений в субъектах РФ.

1 – Приморский край; 2 – Хабаровский край; 3 – Амурская область; 4 – Забайкальский край; 5 – ЕАО.

Несмотря на то, что в большинстве субъектов РФ на российской части бассейна мощности очистных сооружений сопоставимы с объемами сточных вод, требующих очистки, без очистки сбрасывается от 2-3 % загрязненных сточных вод в Амурской области и до 70-76 % в Приморском крае (табл. 3.4), а эффективность очистки вод, проходящих через очистные сооружения, рассчитанная как доля нормативно очищенных вод от прошедших очистку, максимальная в Забайкальском крае (до 93 %) и нулевая (0 %) в отдельные годы в ЕАО.

Таблица 3.4. Сточные воды и их очистка

показатель	2012	2013	2014	2015	2016
Забайкальский край					
Объем сточных вод, требующих очистки, млн м ³	133,11	80,22	77,66	79,97	76,22
Сброшено сточной воды без очистки, млн м ³	78,60	28,32	24,46	28,55	27,97
%	59	35	31,5	35,8	36,8
эффективность очистки, %	89	92,9	91	89,8	90

Амурская область					
Объем сточных вод, требующих очистки, млн м ³	81,88	80,64	80,07	76,89	78,25
Сброшено сточной воды без очистки, млн м ³	2,74	3,02	2,58	2,37	2,01
%	3,3	3,7	3,2	3,1	2,6
эффективность очистки, %	5,2	5,1	7,3	5,7	6,1
ЕАО					
Объем сточных вод, требующих очистки, млн м ³	15,74	14,48	12,89	13,58	14,86
Сброшено сточной воды без очистки, млн м ³	1,59	2,58	1,42	0,39	0,62
%	10,1	17,8	11	2,8	4,2
эффективность очистки, %	7,7	0	0	0	9,41
Хабаровский край					
Объем сточных вод, требующих очистки, млн м ³	177,05	180,15	172,38	174,21	174,77
Сброшено сточной воды без очистки, млн м ³	35,02	34,81	28,34	31,61	30,10
%	19,8	19,3	16,4	18,1	17,1
эффективность очистки, %	1,30	1,86	3,66	2,12	1,75
Приморский край					
Объем сточных вод, требующих очистки, млн м ³	331,19	321,63	333,95	342,61	339,77
Сброшено сточной воды без очистки, млн м ³	251,45	233,26	243,16	244,54	238,36
%	76	72,6	72,8	71,4	70,2
эффективность очистки, %	16,6	41,6	48	52,7	36,8

Источник: рассчитано по (Информационный бюллетень..., 2016)

Безвозвратные потери воды на территории российской части бассейна, рассчитанные как разница между объемами забора свежей и сброса сточной воды, составляли в 1995 г. 758 млн м³, в 2015 г. – 469 млн м³. В среднем по территории в водотоки сбрасывается 70 % от забранной и 83 % использованной воды.

Для целей водопользования эксплуатируется водохозяйственная инфраструктура, в частности, водохранилища, часть из них была ранее предназначена для орошения, а в настоящее время не используется, вследствие чего их общее учитываемое количество снижается (табл. 3.5). Однако, при этом растет общая емкость водохранилищ, в т.ч. с учетом Бурейской и Нижне-Бурейской ГЭС.

Таблица 3.5. Водохранилища и пруды

Субъект РФ	2004		2010		2015	
	коли- чество	объем, км ³	коли- чество	объем, км ³	коли- чество	объем, км ³
Забайкальский край	14	0,05	10	0,03	8	0,04
Приморский край	119	0,36	118	0,36	64	0,28
Хабаровский край	15	0,004	8	0,003	8	-
Амурская область	114	77,2	83	89,5	24	91,4
ЕАО	1	-	2	-	2	-
Итого	263	77,6	230	89,9	106	91,7

Источник: составлено по (Информационный бюллетень..., 2004; 2010; 2015)

Объемы водопользования на российской части бассейна р. Амур в сравнении с общероссийскими незначительны, доля водопотребления от общего по РФ по данным за 2015 г. составляет всего 2,3 %. Современная структура водопотребления практически не отличается от общероссийской, где основная доля воды (58 %) потребляется на производственные нужды. Однако, такой

индикатор водосбережения, как коэффициент использования оборотной воды ($K_{об}$) как по отношению к общему водопотреблению, так и к водопотреблению на производственные нужды, на российской части бассейна выше: 82 и 88 % соответственно, против 72 и 81,5 % по РФ. Абсолютные значения объемов оборотно-повторного водоснабжения на российской части бассейна значительно превышают общее потребление свежей воды - в 3,7 раза, в целом по РФ – в 2,5 раза. Возможно, это объясняется некоторыми различиями в структуре производственного водопотребления и наборе отраслей, в которых применяется оборотное водоснабжение. Доля потерь воды при транспортировке по РФ составляет 12 и 10 % от объемов забора и использования, соответственно, в бассейне р. Амур – 19,5 и 17 %. Эффективность очистки загрязненных сточных вод как доля нормативно очищенных от прошедших очистку на российской части бассейна р. Амур выше, чем по РФ – 28 % против 14 %.

3.2. Китайская часть

На китайской части бассейна р. Амур преобладающими в структуре забора воды являются поверхностные водоисточники – от 51 до 66 % в общем объеме забора (рис. 3.8).

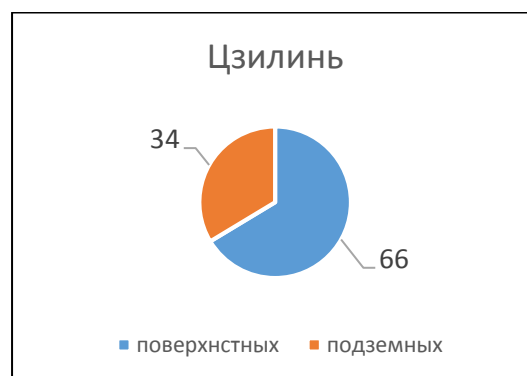
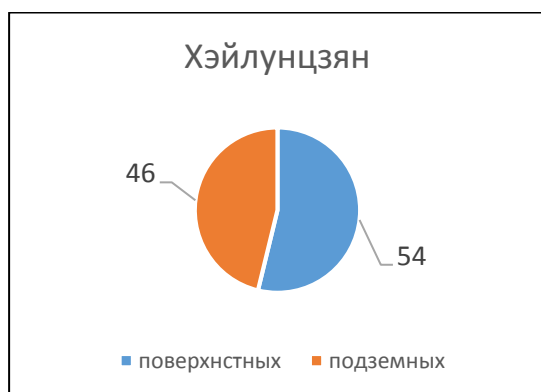




Рис. 3.8. Структура забора свежей воды по источникам, %

Источник: составлено по данным: (Сайт Бюро статистики КНР; China Statistical..., 2008, 2011)

Общее водопотребление за период 2004-2015 гг. выросло с 53 до 67,5 км³ в целом по бассейну (рис. 3.9). Это увеличение связано с темпами роста экономики, которые здесь более высокие, чем в КНР в целом. Только за 5 лет с 2005 по 2010 гг. темпы увеличения водопотребления административных территорий КНР, входящих в бассейн р. Амур, в два раза превысили средние по КНР – 15% против 7%, в основном за счет провинций Цзилинь (22%) и Хэйлунцзян (20%).

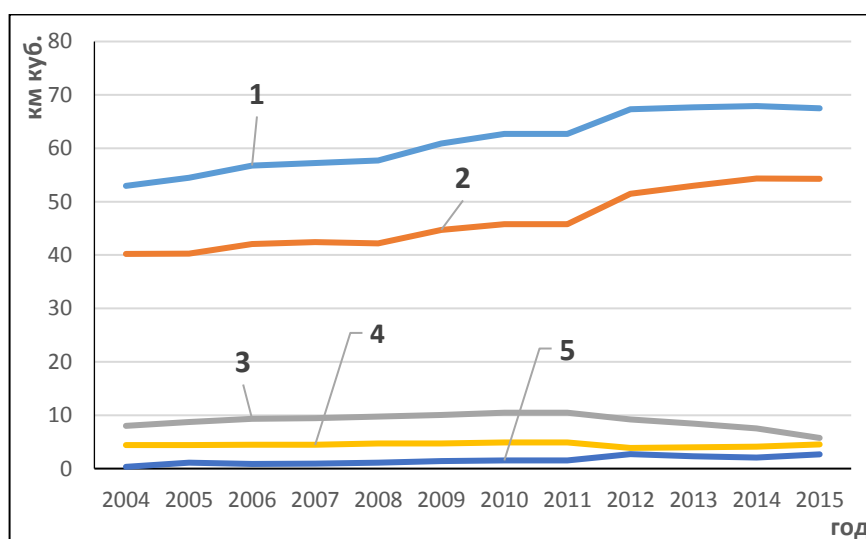


Рис. 3.9. Динамика водопотребления, км³

1 – общее; 2 – с/х; 3 – промышленное; 4 – коммунальное; 5 – на экологические нужды

Во всех субъектах административного деления на территории китайской части бассейна наибольшие объемы воды расходуются на сельскохозяйственные нужды (рис. 3.10), в среднем за последние 10 лет - от 66 до 77 % от общего водопотребления. При этом в провинции Хэйлунцзян эта доля еще и постепенно увеличивается – с 78 % в 2004 г. до 87 % в 2014 г. При такой высокой доле существенным является и вклад водопотребления на с/х нужды в динамику общего водопотребления, коэффициенты корреляции этих величин особенно высоки для провинций Хэйлунцзян и Цзилинь и составляют, соответственно, 0,99 и 0,95.

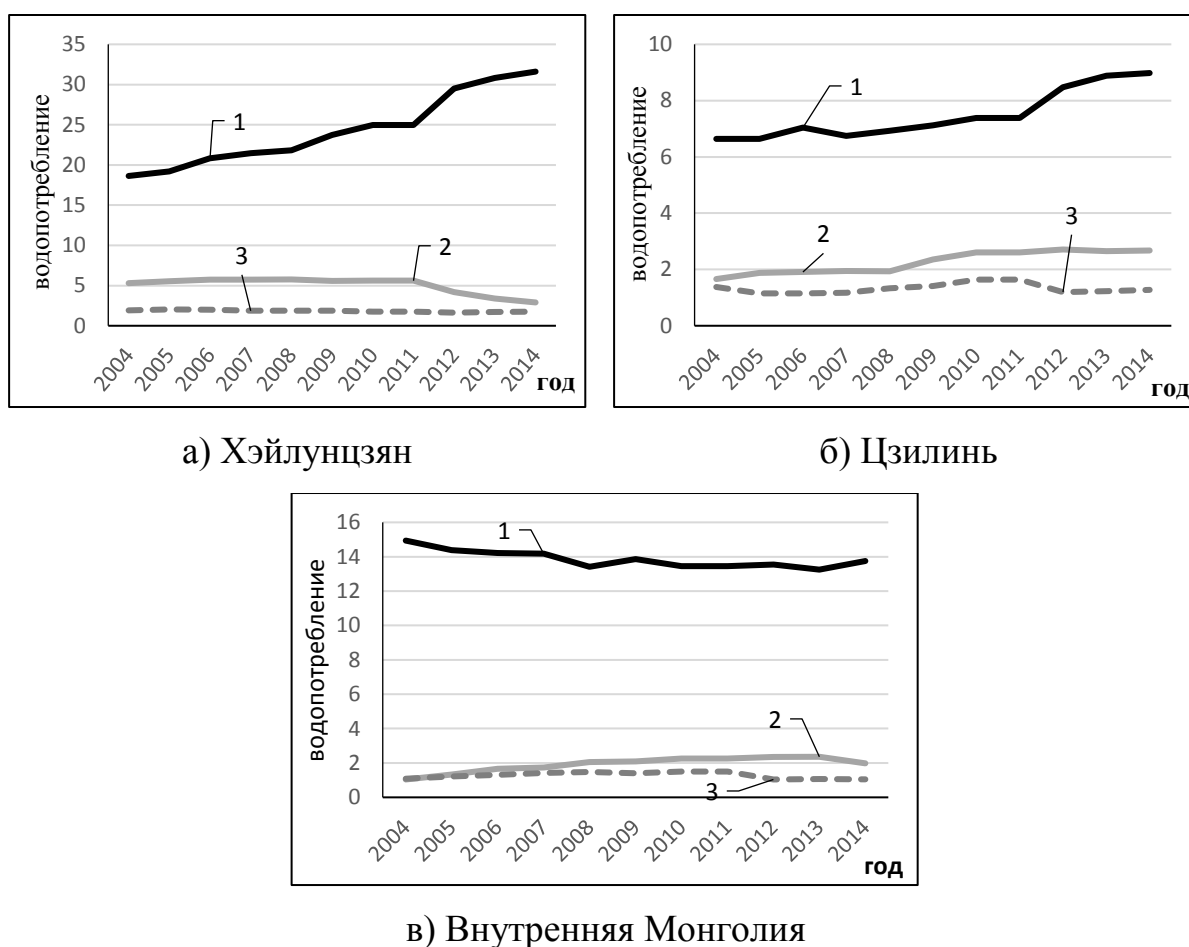
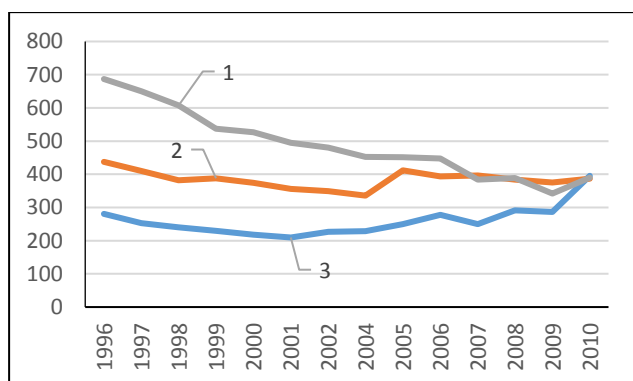


Рис. 3.10. Водопотребление по видам нужд, км³

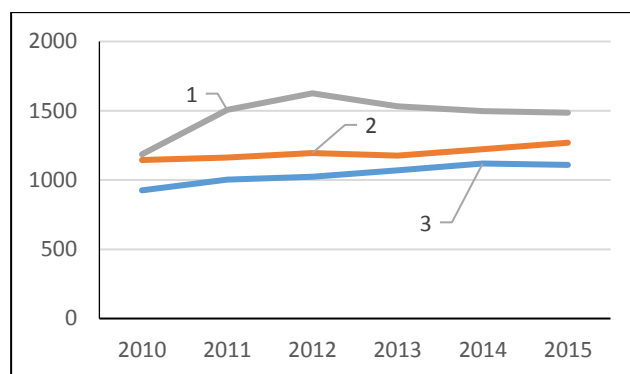
1 – сельскохозяйственные; 2 – промышленные; 3 – коммунальные

Коэффициент использования оборотной воды на китайской части бассейна при отсутствии данных по административным субъектам мы оцениваем как средний по КНР – 0,3.

Статистика КНР отражает сведения о сбросе только промышленных и коммунально-бытовых сточных вод, а до 2010 г – только промышленных, по этой причине невозможно оценить общие безвозвратные потери в процессе использования воды. Согласно рис. 3.11, сброс сточных вод, использованных промышленностью и коммунальным хозяйством, за 2010-15 гг. увеличивался, в 2015 г. в целом по бассейну он составлял 3,86 км³.



а) промышленных



б) суммарный промышленных и коммунально-бытовых

Рис.3.11. Сброс сточных вод, млн м³

1 – Хэйлунцзян; 2 – Цзилинь; 3 – Внутренняя Монголия

Интенсивное использование водных ресурсов на китайской части бассейна требует многолетнего регулирования стока, т.е. строительства водохранилищ. В 1993 г. в 3 провинциях КНР общее количество водохранилищ составляло 2339, в 2015 - 3376 (табл. 3.6). Самые большие водохранилища образованы ГЭС в составе гидроузлов крупнейших ГЭС (Фэньмань – введена в строй в 1943 г., Байшань – в 1982 г., Лианхуа – в 1998 г.). Назначение большинства существующих водохранилищ комплексное: выработка электроэнергии, борьба с наводнениями, ирригация, аквакультура, при этом доля ГЭС в структуре производства электроэнергии незначительна, например, в провинции Хэйлунцзян составляет всего 2% от общей выработки.

Таблица 3.6. Количество водохранилищ на китайской части бассейна р. Амур

	1993		2006		2010		2015	
	коли- чество	объем, км ³	коли- чество	объем, км ³	коли- чество	объем, км ³	коли- чество	объем, км ³
Внутренняя Монголия	476	7,28	487	8,25	497	16,8	613	10,3
Цзилинь	1334	30,6	н/д	н/д	1643	32,0	1624	32,5
Хэйлунцзян	529	7,12	609	9,62	913	17,9	1139	26,8
Итого	2339	45	н/д	н/д	3053	66,7	3376	69,6

Источник: составлено по (Jemes E.Nickim, 1995; Данные Бюро статистики КНР).

На китайской части бассейна р. Амур существуют несколько действующих каналов внутрибассейновой переброски стока и запланированы к осуществлению несколько проектов по межбассейновой переброске стока. Действующие каналы:

- р. Неньцзян, из водохранилища Ниэрцзы в юго-восточном направлении с ответвлением к г. Дацин;
- р. Неньцзян выше г. Цицикар в юго-восточном направлении мощностью 50 м³/с, к 2015 г. 143 м³/с;
- р. Неньцзян к г. Байшань проектной мощностью 68 м³/с;
- р. 2-ая Сунгари, из водохранилища Фэньмэнь к гг. Чаньчунь, Сипин, Ляоюань;
- р. Лалиньхэ, приток Сунгари, к г. Харбин;

Запланировано строительство:

- р. Чоэрхэ, приток р. Неньцзян в бассейн р. Ляохэ к г. Тунляо;
- р. 2-ая Сунгари вблизи г. Сонгюань в бассейн р. Ляохэ;
- р. Хумахэ в р. Неньцзян для расширения ее судоходных возможностей (People's Republic..., 2005).

Большинство каналов осуществляют внутрибассейновую переброску, за исключением каналов к гг. Сипин, Ляоюань, Тунляо, относящихся к бассейну р.

Ляхоэ. Кроме того, действует огромная сеть оросительных каналов, непосредственно отбирающих воду из рр. Сунгача, Уссури и др. (рис. 3.13).

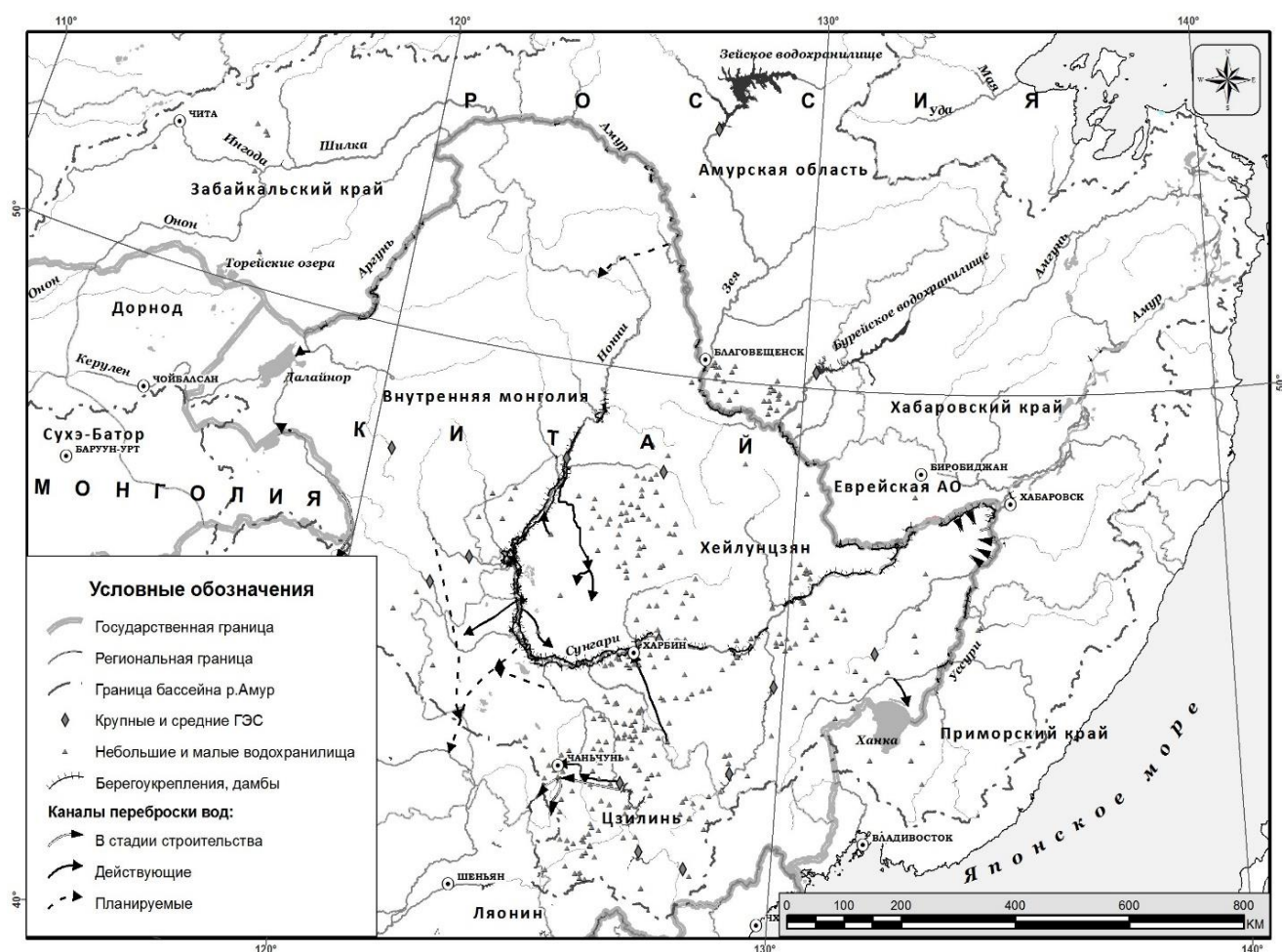


Рис. 3.13. Водохозяйственная инфраструктура в трансграничном бассейне р. Амур

Бассейн р. Сунгари. 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 45,66 км³. Структура водопотребления характеризуется относительной стабильностью - с 1980 по 2010 гг. доля сельского хозяйства изменялась в пределах 68-75%, промышленности 18-23%, коммунального хозяйства – 6-8%. Увеличение общего ВП произошло, в основном, за счет сельского хозяйства, в наибольшей степени водоемкого рисосеяния (рис. 3.12).

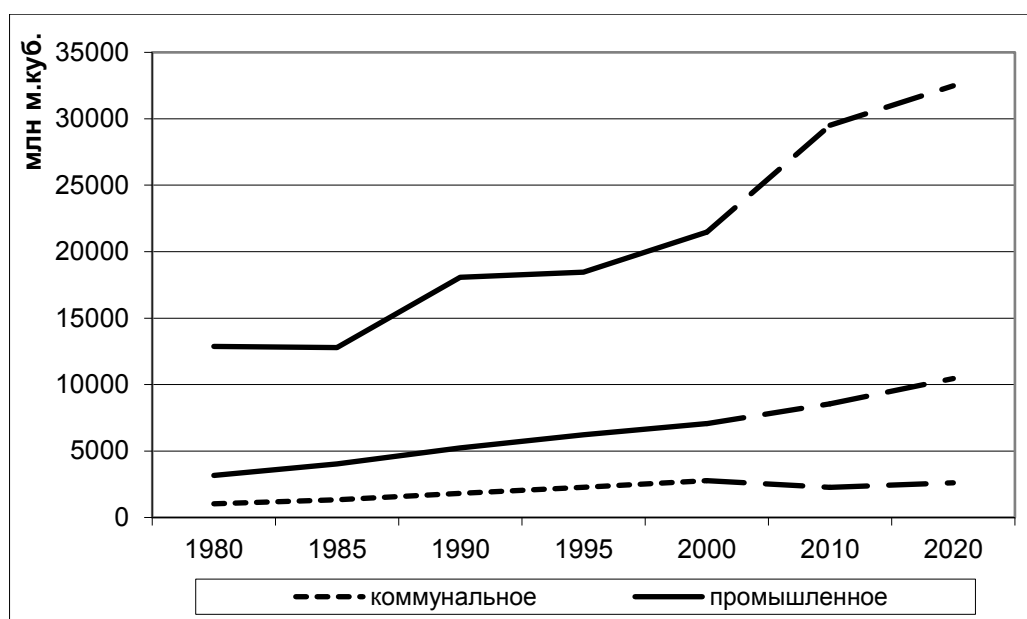


Рис. 3.12. Водопотребление в бассейне р. Сунгари

Источник: составлено по (People's Republic of China..., 2005; Jian Xie and others, 2009).

В 1993 г. в бассейне р. Сунгари общий объем водохранилищ и прудов составлял 27,2 км³, в 2005 - 35 км³. Общая протяженность дамб в бассейне в 1993 г. составляла 13 000 км, в 2000 г. – 16 000 км.

Водопользование на китайской части бассейна характеризуется региональной спецификой по отношению к КНР в целом - здесь более значительна доля подземных источников в структуре забора воды (в КНР она составляет 18 %), большая доля воды расходуется на нужды сельского хозяйства (в КНР - 63 %), а темпы роста водопотребления превышают средние по КНР (Горбатенко, 2013).

Сравнительный анализ. Сравнительный анализ водопользования на российской и китайской частях бассейна Амура показывает огромные диспропорции в потребностях в водных ресурсах и интенсивности их использования. Производство водоемкой промышленной продукции, площади орошаемых земель, количество сельскохозяйственных животных различается в десятки и до 100 раз. На китайской части бассейна нагрузка на водные объекты значительно выше: 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. Различна направленность динамики водопользования – на российской части бассейна наблюдается стабилизация объемов водопотребления после длительного, с 1992 г., снижения, на китайской – непрерывный рост. 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. На китайской части бассейна осуществляется переброска стока, в основном, внутрибассейновая (табл. 3.7).

Таблица 3.7. Сравнительная характеристика водопользования в трансграничном бассейне р. Амур, 2015 г.

Показатель	русская часть	китайская часть
Водопотребление, км ³ , 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	0,3
Водоотведение, км ³	1,05 общее	3,86
в т.ч. загрязненных ст. вод	0,69	н.д.
Мощность очистных сооружений, млн м ³ /год	785	1171
Сброс ЗВ, тонн:		
азот аммонийный	3819	81 300
нефтепродукты	91,4	1 710

кадмий	0,31	1,66
Количество водохранилищ	170	3376
Емкость водохранилищ, км ³	89,7 (полная)	69,65
Коэффициент использования воды при орошении	0,8 нормативный	0,45

Таким образом, неравномерная освоенность российской и китайской частей бассейна проявляется не только в контрастности землепользования (Каракин, Шейнгауз, 2004) и наличии трансграничных социально-экономических градиентов (Ганзей, 2004; Ганзей, 2005), но и существовании огромных диспропорций в интенсивности водопользования, а, следовательно, и потенциале антропогенного воздействия на водные ресурсы, в т.ч. трансграничные.

Глава 4. Прогноз водопотребления на основе функции отклика

4.1. Актуальность и методика

Прогнозирование водопотребления является основой эффективного управления в области использования водных ресурсов. Для трансграничных речных бассейнов, особенностью которых является взаимовлияние процессов использования воды на территории стран-соседей, прогноз водопотребления особенно важен.

Для российской части бассейна прогноз водопотребления имеет самостоятельное значение для разработки Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) крупных речных бассейнов, разрабатываемых Федеральным агентством водных ресурсов (Росводресурсы) Министерства природных ресурсов РФ. Это единственный государственный документ, на который возложена задача прогнозирования водопотребления с учетом будущего развития, т.е. на основе всех имеющихся документов стратегического и программно-отраслевого планирования. Также прогнозные объемы водопотребления должны содержать Схемы водоснабжения и водоотведения, Схемы территориального планирования различных уровней (от поселений до муниципальных районов).

Однако, утвержденных Федеральным агентством водных ресурсов методик расчета прогнозных значений водопотребления не существует, и разработчики СКИОВО при выполнении работ определяют их самостоятельно. Так, например, при разработке СКИОВО бассейна р. Амур для расчета будущего водопотребления на территории бассейна использованы прогнозные данные по объемом валового регионального продукта (ВРП) отдельных административных субъектов, входящих в бассейн, и его водоемкости (Бортин, Горчаков, 2011). Для прогноза водопотребления применяются также удельные показатели использования воды на душу населения или единицу продукции в натуральном выражении, в т.ч. укрупненные (Демин, 2010; Горбатенко, 2014).

Источником данных по укрупненным нормам водопотребления уже 35 лет служит справочник, разработанный под методическим руководством ВНИИ ВОДГЕО СССР (Укрупненный..., 1982), однако, эти данные сегодня можно считать устаревшими. В настоящее время в рамках перехода РФ на наилучшие доступные технологии производства для целей снижения нагрузки на окружающую среду разработаны информационно-технические производственные справочники по наилучшим доступным технологиям (ИТС НДТ), которые должны содержать сведения об удельных расходах воды, затрачиваемой на производство единицы той или иной продукции. Общим недостатком как справочника по укрупненным нормам, так и многочисленных создаваемых ИТС является то, что удельные нормы/расходы воды приводятся в диапазоне значений «минимальные – максимальные», разброс которых значителен, и вызван различной водоемкостью применяемых в одной и той же отрасли технологий. Например, согласно справочнику укрупненных норм на производство 1 т белой целлюлозы требуется от 500 до 1400 м³ воды, при выработке электроэнергии - от 100 до 200 м³ на 1 Мвт*ч (Укрупненные..., 1982). Согласно ИТС Росстандарта, очень детально описывающего производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот в РФ, на 1 т аммиака в зависимости от технологии расходуется подпиточной воды от 0,43 до 3,15 м³; на 1 т серной кислоты в зависимости от производственной установки от 0,5–0,71 до 1,49–1,9 м³; на 1 т фосфорной кислоты при различных процессах (полугидратном или дигидратном) подпиточной воды от 1,2–4,6 м³ до 5 м³, а оборотной воды от 53–90 до 135–153 м³ и т.д. (Информационно-технический..., 2015а).

Но подобные данные об удельных расходах воды при производстве той или иной продукции содержат далеко не все разработанные и утвержденные на данный момент справочники. Например, вышеупомянутый справочник не приводит данных о расходе воды при производстве комплексных удобрений, хотя вода в этом случае используется для промывки оборудования и емкостей; справочник по системам охлаждения промышленных предприятий, описывая прямоточные и оборотные системы охлаждения, применяемые на предприятиях

черной и цветной металлургии, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, тепловых и атомных электростанциях и др., не приводит каких-либо норм водопотребления в указанных системах, в частности, при производстве электроэнергии (Информационно-технический..., 2016) и т.д. Кроме того, неясно, насколько эти данные репрезентативны, т.к. информация, предоставленная предприятиями для целей разработки справочников, была ограниченной - не все предприятия-респонденты, участвовавшие в анкетировании при разработке справочников, заполняли анкеты.

Для сельского хозяйства в 2017 г. разработаны всего два справочника: ИТС 41-2017 «Интенсивное разведение свиней» и ИТС 42-2017 «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы». Не предусмотрена разработка ИТС по орошению при возделывании сельскохозяйственных культур, хотя подобный справочник мог бы включать региональные нормы полива, зависящие от климатических особенностей той или иной территории.

Представляется, что разрабатываемые ИТС характеризуются рядом недостатков: количество справочников гораздо меньше, чем применяемых производственных технологий в РФ; расходы воды для перспективных технологий практически не приводятся ни в одном справочнике; удельные расходы воды приведены на момент времени создания справочника, поэтому помимо ошибки осреднения могут содержать и погрешность за счет устаревания технологии.

С учетом всего вышесказанного, необходим иной метод прогноза, который мог бы стать общим для трансграничного бассейна, т.к. прогноз для китайской части бассейна также имеет большое значение - в условиях напряженного водохозяйственного баланса, прежде всего, в бассейне р. Сунгари, необходимо понимать потребности в воде китайской стороны. При этом удельные нормы водопотребления, применяемые в КНР в различных производствах, нам не известны.

Ранее с применением метода корреляционного анализа было показано, что для территории бассейна р. Амур в целом достаточно синхронна динамика

водопотребления и следующих показателей: численности населения, объемов производства таких водоемких видов продукции промышленности как электроэнергия, сталь, целлюлоза, в сельском хозяйстве – посевных площадей риса, т.е. между ними существует тесная зависимость (Горбатенко, 2016а). Наличие подобной зависимости, объясняемой физическим участием воды в различных процессах жизнедеятельности населения и хозяйства, открывает возможности прогноза водопотребления (ВП) как в целом по бассейну, так и на уровне административных субъектов, в него входящих. Так как специфика экономических отраслей этих субъектов различна, как и набор имеющихся водоемких производств, прогноз для отдельных субъектов представляется более детальным и точным.

Поскольку указанные зависимости являются физически обоснованными, они характерны для любых территорий, независимо от стран и структур их экономики, различаться могут только водоемкие отрасли-индикаторы.

Статистический метод прогноза объемов годового водопотребления как для российской, так и для китайской частей бассейна р. Амур, основан на применении метода регрессионного анализа (множественная линейная регрессия), задачей которого является такая аппроксимация исходных данных, которая обеспечивала бы наименьшую погрешность приближения к множеству значений прогнозируемой величины. Эта погрешность приближения при регрессионном анализе вычисляется методом наименьших квадратов (МНК). Самым простым способом аппроксимации по методу наименьших квадратов является использование полинома первой степени (Рождественский, Чеботарев, 1974; Шихалев, 2015). Это функция следующего вида:

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

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.

Такую функцию называют линией регрессии, она не является сложной моделью, в случае прогноза объемов водопотребления учитывает физический смысл отношений прогнозируемой величины и воздействующих на нее независимых факторов, ее интерпретация не представляет трудностей, и при наличии сильных эффектов для ее расчета не требуется большого объема наблюдений.

Применительно к расчету функции (уравнения) регрессии для величины водопотребления задача состояла в отборе качественных и наиболее информативных факторов с учетом их взаимосвязанности (мультиколлинеарности). Построение регрессионных уравнений (моделей) для водопотребления по каждому из административных субъектов РФ и КНР проводилось в следующей последовательности: расчет корреляционной матрицы с учетом всех анализируемых факторов, проверка на мультиколлинеарность и отбор независимых признаков (факторов), расчет уравнения (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, где крупными водопотребителями являются предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, т.е. электроэнергетика и коммунальное хозяйство, а также металлургическая отрасль в Хабаровском и сельское хозяйство в Приморском крае, рассчитывалось общее водопотребление. Использованы следующие показатели: объемы производства электроэнергии – $\mathcal{E}$, млрд кВт*час; объемы производства стали – $\mathcal{C}$, тыс. т; посевные площади риса – $\mathcal{P}$, тыс. га. Кроме того, использован показатель численности населения – $\mathcal{H}$, 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 графические зависимости оцениваются как линейные.

Для двух провинций КНР, входящих в бассейн р. Амур, рассчитан прогноз водопотребления в сельском хозяйстве, где расходуются наибольшие объемы воды. В расчетах использованы данные Бюро статистики КНР по объемам использования воды в сельском хозяйстве ($ВП_{сх}$, км³), площадям орошаемых земель ($О_p$, тыс. га), посевным площадям отдельных орошаемых с/х культур: риса (P , тыс. га), пшеницы ($П$, тыс. га), кукурузы (K , тыс. га), сои (C , тыс. га), овощей ($О_v$, тыс. га), а также поголовью сельскохозяйственных животных ($Ж_{сх}$, тыс. голов).

Полученные модели проверены на независимых данных, для российской части это данные за 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. Расчеты проведены с использованием пакета Excel 10.0 при уровне значимости, равном 0,05.

4.2. Российская часть

В таблице 4.1 представлены данные расчета корреляционных матриц оценки связей водопотребления и рассматриваемых факторов для каждого из субъектов РФ.

Таблица 4.1. Корреляционные матрицы зависимостей объемов водопотребления и влияющих факторов (2000-2010 гг.)

А)

Приморский край*					Хабаровский край				
Отклик /факторы	ВП	P	Э	Н	Отклик/ факторы	ВП	C	Э	Н
ВП	1				ВП	1			

Р	0,95	1			С	-0,88	1		
Э	0,82	0,83	1		Э	0,89	-0,59	1	
Н	0,89	0,61	0,67	1	Н	0,97	-0,79	0,56	1

Б)

Амурская область				Забайкальский край				ЕАО		
Отклик/ факторы	ВП	Э	Н	Отклик/ факторы	ВП	Э	Н	Отклик/ факторы	ВП	Н
ВП	1			ВП	1			ВП	1	
Э	-0,95	1		Э	-0,70	1		Н	-0,68	1
Н	0,97	-0,65	1	Н	0,97	-0,73	1			

*- за 1995-2004 гг.

Матрицы показывают особенности и силу взаимосвязей водопотребления и расчетных показателей. В отдельных случаях связь анализируемой зависимой величины с фактором является практически функциональной, например, связь водопотребления и численности населения в Хабаровском, Забайкальском краях и Амурской области. Также матрицы демонстрируют различную направленность связи объемов водопотребления и производства электроэнергии: для Амурской области и Забайкальского края, в отличие от Хабаровского, Приморского краев и ЕАО, она отрицательная, т.е. согласно выборочным данным за 1995-2013 гг. водопотребление в этих субъектах РФ снижалось на фоне роста производства в такой водоемкой отрасли как энергетика. Возможно, это свидетельствует о том, что несмотря на сильную скоррелированность этих величин, вклад энергетики в увеличение объемов водопотребления за рассматриваемый период был небольшим за счет широкого использования оборотного водоснабжения в отрасли, а водопотребление снижалось вследствие снижения численности населения и сокращения производства в других отраслях.

Отдельные показатели, выбранные в качестве факторов для прогноза водопотребления, сильно коррелированы между собой (например, в Приморском крае посевные площади риса и объемы производства электроэнергии, $r = 0,83$; в

Хабаровском крае объемы производства стали и численность населения, $r = -0,79$, что препятствует их включению в расчеты при построении модели.

Из всех рассчитанных с учетом мультиколлинеарности факторов отобраны следующие качественные модели со статистически достоверными коэффициентами, удовлетворяющие F-критерию (Фишера) (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Расчетные уравнения регрессии (модели прогноза)

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

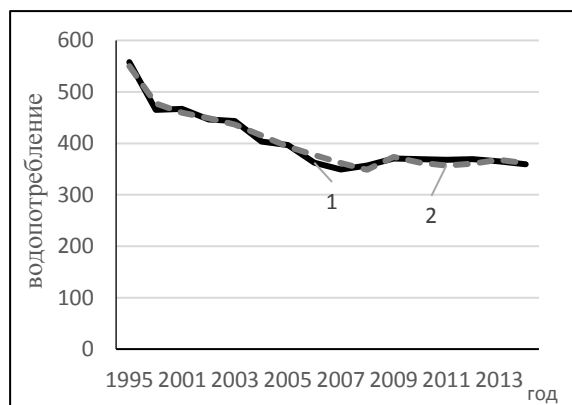
* - отношение факторной дисперсии к остаточной

Коэффициенты детерминации, показывающие долю объясненной вариации зависимой величины, в данном случае, объемов водопотребления, от факторов, используемых в модели, изменяются в диапазоне от 0,46 (для ЕАО) до 0,99 (для Приморского края). Минимальные из рассчитанных значений F-критерия

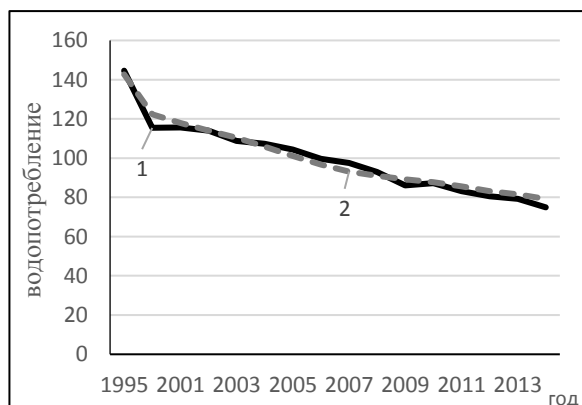
превышают критические в разы и соответствуют уровню значимости не ниже 0,02.

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 м³ в год, что соответствует оросительным нормам, применяемым в рисосеянии края - в среднем 8 - 11 тыс. м³/га. В Хабаровском крае на каждый произведенный в будущем 1 млрд кВт*час электроэнергии водопотребление увеличится на 29 млн м³ в год, что хорошо согласуется с расчетными данными за 2004 и 2010 гг.⁵ – соответственно 29,6 и 29,4 млн м³.

Прогноз по полученным моделям показывает хорошую сходимость с фактическими данными, коэффициенты корреляции фактических и расчетных по функции отклика значений водопотребления составляют 0,96-0,98 (рис. 4.1), исключение составляет ЕАО, для которой этот коэффициент равен 0,68.



а) Хабаровский край.



б) Амурская область. (по модели № 1 согласно табл. 4.2)

Рис. 4.1. Сходимость фактических и расчетных данных. Российская часть бассейна

1 – фактические; 2 - расчетные

Для оценки точности прогноза по независимым данным использован показатель средней абсолютной ошибки, рассчитываемой как средняя за

⁵ Рассчитано с использованием данных по водопотреблению и производству электроэнергии за 2004 и 2010 гг. (см. рис. 2.8 и табл. 3.3 в предыдущих главах)

проверочный период разность между фактическим и спрогнозированным значениями переменных (объемов водопотребления), нормированная к значению фактической величины в % (табл. 4.3).

Таблица 4.3. Тестирование полученных моделей на данных 2011-15 г.

показатель	Приморский край	Хабаровский край	Амурская область	Забайкальский край	ЕАО
Средняя (интервал) абсолютная ошибка прогноза, %	4	5	4,5 (4-5)	12,5 (12-13)	17

Полученные с использованием регрессионного анализа статистически достоверные модели для прогноза водопотребления для Приморского, Хабаровского краев и Амурской области можно оценивать как качественные, дающие ошибку прогноза 4 -5 %. Для Забайкальского края и ЕАО модели статистически достоверны, но ошибка прогноза составляет 12,5 - 17 %, что, возможно, объясняется меньшей теснотой связи «фактор-отклик» и/или наличием неучтенных моделями факторов. Для Забайкальского края добавление к модели, построенной с использованием показателя численности населения, независимого предиктора (фактора) – производства электроэнергии – практически не улучшило модель, ее точность не увеличилась. Для Амурской области и ЕАО ошибка прогноза за весь проверочный период отрицательная, т.е. полученные модели занижают фактическую величину водопотребления в среднем на 5 и 17 % соответственно.

Однако, существуют трудности с интерпретацией физического смысла полученных отрицательных значений остаточных коэффициентов большинства рассчитанных моделей прогноза, которые должны показывать значение прогнозируемой величины в случае, когда факторы, использованные в модели, перестают действовать. Возможно, это свидетельствует о том, что истинная

зависимость водопотребления и использованных расчетных факторов не является линейной на всем диапазоне фактических значений параметров, но при этом линейна на использованных выборочных данных.

4.3. Китайская часть

Существуют самый общий экспертный прогноз водопотребления в бассейне Сунгари (Мандыч, 2011; Мандыч, 2012а, б), согласно этому прогнозу его объем к 2020 г. может увеличиться на 46 % в сравнении с 2005 г. и достичь почти 55% годового стока реки. Также есть предположения, что дефицит водных ресурсов вызовет значительный рост изъятия вод Амура и будет ведущим фактором кардинальных изменений природы на Нижнем Амуре (там же). При этом темпы динамики с/х водопотребления в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь (см. рис. 3.10) свидетельствуют о том, что предел экстенсивного использования воды на китайской части бассейна, прежде всего, в сельском хозяйстве, еще не достигнут. В этих условиях для формирования представления о будущем возможном объеме использования воды на китайской части бассейна следует использовать возможности статистических методов для достоверного прогноза водопотребления, основанного на фактических данных.

Так как наибольшие объемы воды на китайской части бассейна расходуются на сельскохозяйственные нужды, важно прогнозировать, в первую очередь, именно сельскохозяйственное водопотребление, характеризующее потенциал экологической нагрузки как на количество (через огромные объемы изъятия вод), так и на качество водных ресурсов (через возможный смыв удобрений, взвешенных и других веществ в водные объекты).

В сельском хозяйстве вода расходуется на орошение возделываемых культур, а также содержание сельскохозяйственных животных. Большая часть орошаемых сельскохозяйственных земель китайской части бассейна находится в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь. Поэтому ниже анализируются данные о с/х

водопотреблении и показателях, определяющих его объемы, именно для этих провинций.

Объемы воды, расходуемой на орошение, определяются набором выращиваемых культур и динамикой их посевных площадей. На китайской части бассейна в настоящее время основные с/х культуры - это зерновые и зернобобовые: пшеница, рис, кукуруза и соя (см. раздел 2.2.2), все они в той или иной степени являются орошаемыми.

Хэйлуцзян. В таблице 4.4 представлена корреляционная матрица, отражающая взаимосвязь с/х водопотребления ($ВП_{сх}$) и орошаемых земель, в т.ч. отдельных орошаемых культур. Практически функциональна связь $ВП_{сх}$ и общих площадей орошаемых земель ($r=0,98$), также высока корреляция $ВП_{сх}$ с посевными площадями риса и кукурузы, которые, согласно данным матрицы, вносят основной вклад в общие площади орошаемых земель. Зависимыми (мультиколлинеарными) являются посевные площади риса и кукурузы ($r=0,98$), что является препятствием их включения в одну модель.

Таблица 4.4. Корреляционная матрица

	$ВП_{сх}$	O_p	Р	П	К	С	O_b	$Ж_{сх}$
$ВП_{сх}$	1							
O_p	0,98	1						
Р	0,94	0,96	1					
П	-0,53	-0,48	-0,31	1				
К	0,94	0,95	0,98	-0,37	1			
С	-0,85	-0,86	-0,70	0,66	-0,69	1		
O_b	-0,50	-0,47	-0,64	-0,35	-0,63	0,14	1	
$Ж_{сх}$	-0,44	-0,38	-0,57	0,31	-0,67	0,12	0,37	1

Согласно данным матрицы корреляций наиболее сильно $ВП_{сх}$ связано с площадями орошаемых земель, площадями под рисом и кукурузой, коэффициенты корреляции положительные, что указывает на их прямое влияние

на объемы с/х водопотребления. Вместе с тем из матрицы видно, что коэффициент корреляции между $ВП_{сх}$ и площадями под соей и пшеницей отрицательный, это означает, по-видимому, что эти культуры меньше орошаются в климатических условиях бассейна Амура, и, следовательно, перераспределение посевных площадей от сои и пшеницы в пользу риса и кукурузы может привести к повышению водопотребления. Таким образом, в качестве независимых признаков (факторов) выбраны орошаемые земли, площади под рисом и кукурузой.

В сравнении с зерновыми и зернобобовыми, посевные площади овощей и поголовье с/х животных оказывают слабое влияние на объемы $ВП_{сх}$ ($r=-0,50$ и $-0,44$ соответственно, связь отрицательная).

В результате анализа всех полученных уравнений множественной линейной регрессии отобраны модели со статистически достоверными оценками параметров (табл. 4.5). Остальные модели при уровне значимости 0,05 имеют статистически не достоверные параметры, а добавление слабых факторов в ту или иную модель не улучшает ее. Высокие коэффициенты детерминации показывают, что в зависимости от расчетной модели динамика отобранных факторов на 88-95 % определяет динамику прогнозируемой величины. Полученные модели протестированы на данных 2014 и 2015 гг., ошибка прогноза составляет 3-9 %; согласованность расчетных и фактических значений высокая (пример для моделей 3, 4, 5 согласно табл. 4.5 представлен на рис. 4.2), коэффициент корреляции между фактическими и рассчитанными значениями составляет 94-98 %.

Таблица 4.5. Расчетные уравнения регрессии (модели прогноза) для провинции Хэйлунцзян

№	Уравнения регрессии	Коэффициент детер-	Значение F-критерия*	Средняя абсолютная ошибка

		минации		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 м³ в год; посевных площадей под рисом на 1 тыс. га может увеличить объемы с/х водопотребления на 5-6 млн м³ при условии неизменности площадей под другими культурами; под кукурузой - на 2-3 млн м³ в год. Эти данные хорошо согласуются со средними удельными объемами воды, использованной на орошение в бассейнах рек Сунгари и Ляохэ за 2007-13 гг. – 6774 тыс. м³ на 1 га.

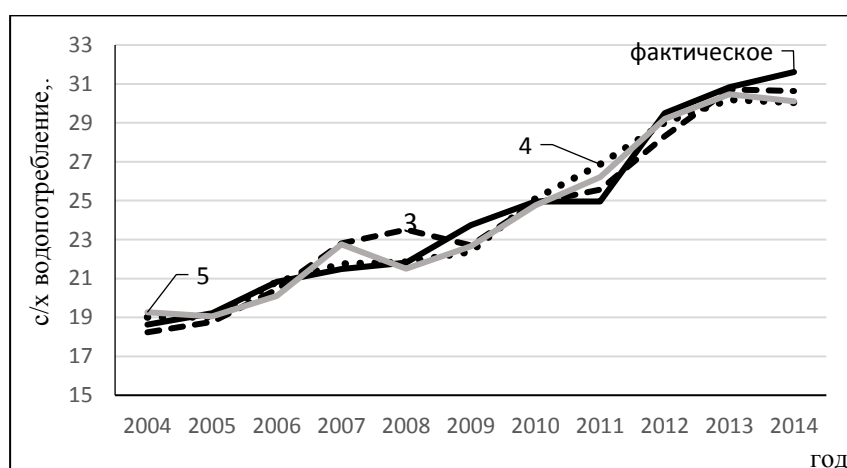


Рис. 4.2. Согласованность результатов прогноза с фактическими данными⁶.
Хэйлунцзян

⁶ 2, 4, 5 – прогнозные значения по моделям согласно нумерации табл. 4.5

Цзилинь. Корреляционная матрица, представленная в табл. 4.6, показывает, что связь между динамикой водопотребления на с/х нужды и площадью орошаемых земель отсутствует, что объясняется наличием «выброса» в данных о площадях орошаемых земель за 2013 г. – они существенно ниже, чем в предыдущие годы. Возможно, это объясняется меньшими, в сравнении с провинцией Хэйлунцзян, посевными площадями водоемкой культуры риса и тем, что основная с/х культура Цзилия кукуруза в многоводное лето 2013 г. не требовала орошения. Также матрица показывает высокие положительные коэффициенты корреляции $ВП_{сх}$ и посевных площадей риса и кукурузы.

Таблица 4.6. Корреляционная матрица

	$ВП_{сх}$	O_p	P	Π	K	C	O_v	$Ж_{сх}$
$ВП_{сх}$	1							
O_p	0,11	1						
P	0,83	0,20	1					
Π	-0,83	-0,37	-0,85	1				
K	0,96	0,08	0,77	-0,70	1			
C	-0,98	-0,22	-0,84	0,75	-0,96	1		
O_v	0,17	0,62	-0,05	-0,33	0,27	-0,25	1	
$Ж_{сх}$	0,20	0,21	0,51	-0,78	0,20	-0,19	-0,03	1

Статистически достоверные модели для расчета $ВП_{сх}$ на территории провинции представлены в табл. 4.7. Их точность проверена на данных 2014-15 гг., согласованность прогнозных и фактических значений по обеим моделям высокая (рис. 4.3), коэффициенты корреляции между ними составляют 0,96 и 0,99.

Таблица 4.7. Расчетные уравнения регрессии (модели прогноза) для провинции Цзилинь

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

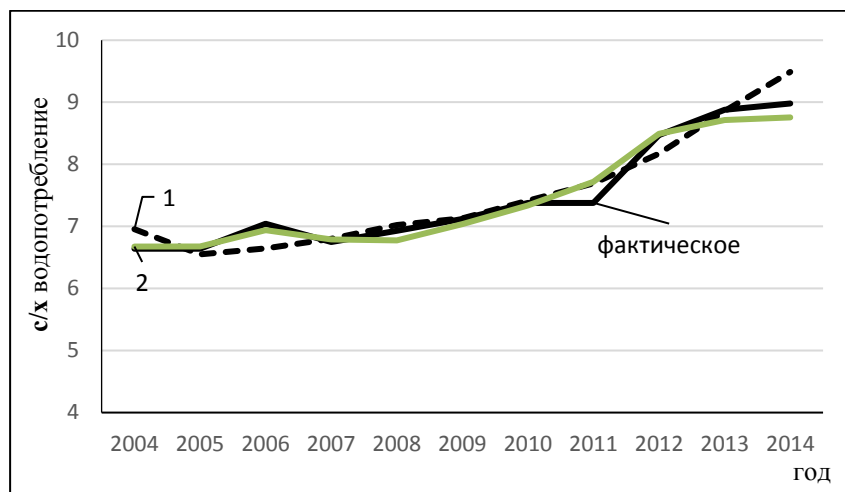


Рис. 4.3. Согласованность результатов прогноза с фактическими данными. Цилинь⁷

Полученные для провинции Цилинь модели показывают, что расширение посевных площадей под кукурузой увеличит водопотребление на орошение на 3 млн м³ в год на каждую тысячу га новых посевных площадей, а также возможность снижения водопотребления на 7 млн м³ в случае увеличения доли сои в структуре посевных площадей на 1 тыс. га. Связь $ВП_{сх}$ с посевными площадями овощей и поголовьем с/х животных отсутствует ($r=0,17$ и $0,20$ соответственно).

Рассчитанные модели, устанавливая количественную взаимосвязь между водопотреблением и определяющими его факторами, учитывают свойства и

⁷ 1 – расчетные значения по модели № 1 согласно табл. 4.7; 2 – расчетные значения по модели № 2.

специфику процесса использования воды в сельском хозяйстве, характерные для китайской части бассейна, т.е. являются региональными. Одна из полученных моделей показывает, что в провинции Хэйлунцзян объемы с/х водопотребления практически функционально ($r = 0,98$) связаны с площадями орошаемых земель. Наиболее сильное влияние на водопотребление оказывает увеличение посевных площадей под рисом, кукурузой (увеличивает $ВП_{сх}$) и соей (снижает). Величина эффекта отклика, т.е. силы зависимости $ВП_{сх}$ от орошаемых земель и их структуры, определяющая качество прогнозной модели, столь велика, что в отдельных случаях ошибка полученных моделей составляет всего 2-3 %.

Полученные модели прогноза являются альтернативой использованию устаревших укрупненных норм водопотребления, а также удельных расходов воды при производстве продукции, приводимых в ИТС по наилучшим доступным технологиям. При этом они не являются нормативными, и в случае каждой конкретной территории или отрасли они могут изменяться в зависимости от выбранного расчетного периода и подобранного индикатора. Следует, однако, понимать, что эти модели являются трендовыми (Горбатенко, 2016б) (экстраполяционными), и поскольку они экстраполируют модель за пределы имеющегося диапазона данных, временной горизонт прогнозирования с использованием этого метода зависит от стабильности условий, определяющих функционирование системы водопользования – 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 расчетные модели должны постоянно актуализироваться. На вид моделей для китайской части бассейна в будущем может оказать влияние переход КНР на водосберегающие методы орошения и масштабы этого перехода. При существенном изменении технологий в сторону снижения их водоемкости ход динамики водопотребления может изменяться нелинейно.

Данный метод предназначен для укрупненного прогноза, и при стабильности условий, определяющих величину водопотребления, является

достаточно надежным. Он основан на данных последних лет и поэтому учитывает изменения, произошедшие в водоснабжении при производстве той или иной продукции, в частности, увеличение использования оборотной воды и т.д.

Таким образом, для применения полученных расчетных моделей для прогноза водопотребления можно сформулировать ряд методических рекомендаций, заключающихся в подборе расчетного периода, достоверного индикатора-предиктора и ежегодной актуализации (пересчета) модели на основе новых данных, что даст возможность выявить смену тенденции поведения водопотребления как прогнозируемой величины.

Предложенный метод может быть использован для прогноза водопотребления 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.

Расчетные модели могут быть получены также отдельно для водопотребления на производственные или питьевые и хозяйственно-бытовые нужды.

Глава 5. Пространственно-временной анализ загрязняющего эффекта и качество вод бассейна р. Амур

5.1. Пространственно-временной анализ загрязняющего эффекта на водотоки российской части трансграничного бассейна

На территории бассейна в целом наибольшее количество воды расходуется на производственные нужды, но пространственная структура водопотребления является неоднородной. В административных районах с наличием добывающих отраслей (добыча угля, золота, металлических руд), предприятий энергетической отрасли (ГЭС, ГРЭС и т.д.) преобладающим является водопотребление на производственные нужды (рис. 5.1). 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.

Наибольшие объемы сброса загрязняющих веществ (ЗВ) осуществляются в крупных городах бассейна – до 14 тыс. т ЗВ в год (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Объемы сброса ЗВ в крупных городах бассейна р. Амур⁸

город	Объем СВ имеющих ЗВ	сумма ЗВ, т	в т.ч. органическое в-во по БПКполн, т	в т.ч. металлы, т	в т.ч. железо, т
Чита	32,5	7780,4	240	9,89	8,68
Благовещенск	24,5	3907,8	700	1,01	0,89

⁸ По данным за 2010 г.

Биробиджан	10,1	1287,3	210	6,69	6,48
Хабаровск	104,2	14080	339	80,3	37,4
Комсомольск-на-Амуре	47,3	4917,4	570	9,96	8,55
Амурск	2,27	41,71	0	0,09	0,04
Лесозаводск	2,14	140,3	30	0,8	0,8

Составлено по: данные Амурского БВУ

Суммарные объемы сброса 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. 5.2).

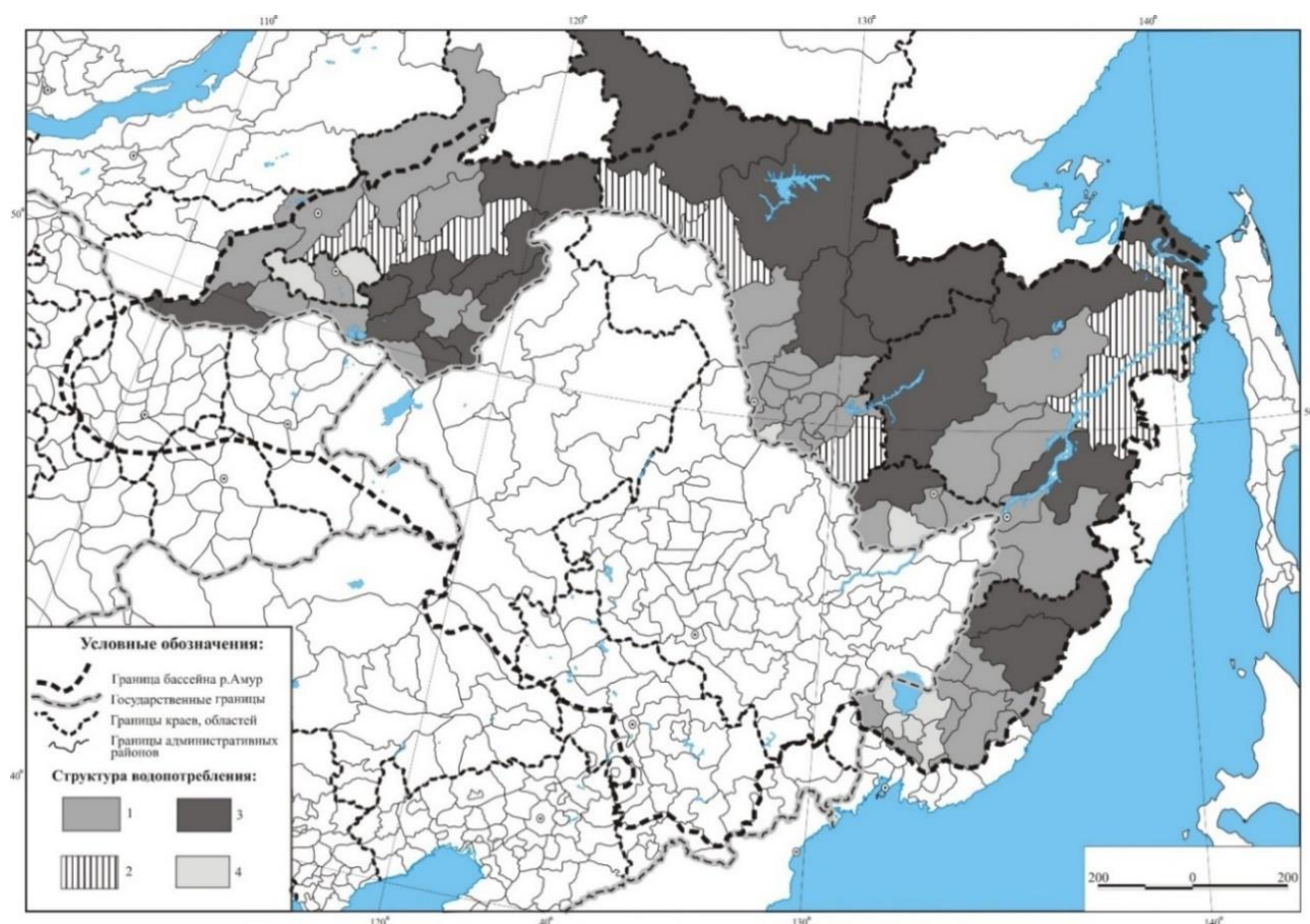


Рис. 5.1. Структура водопотребления в бассейне р. Амур в разрезе административных районов

1 – преобладают хозяйственно-питьевые нужды; 2 – сочетаются в равных долях хозяйственно-питьевые и производственные нужды; 3 – преобладают производственные нужды; 4 – преобладают с/х нужды

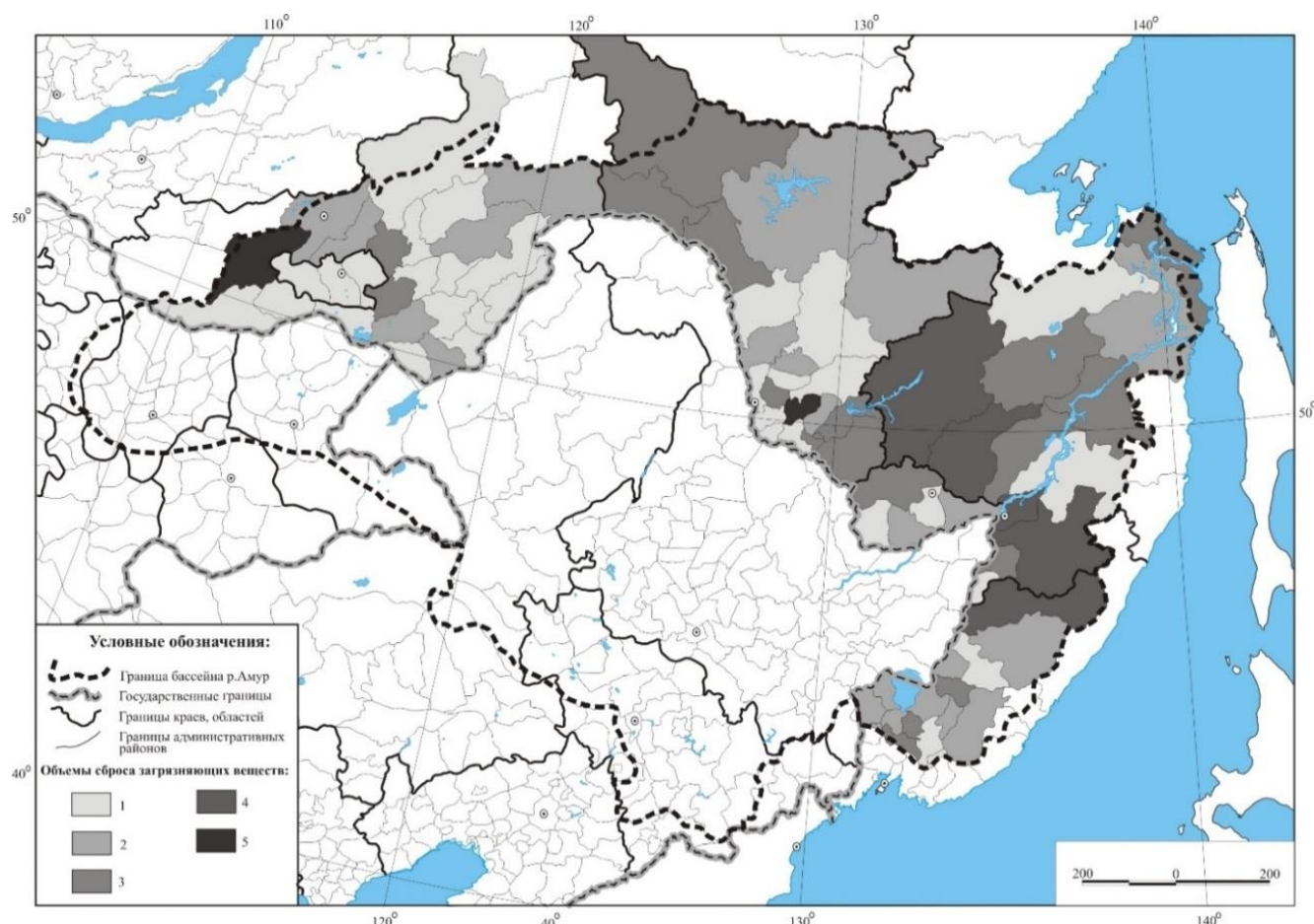


Рис. 5.2. Объемы сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в бассейне р. Амур в разрезе административных районов

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

В общем объеме сброса ЗВ преобладающими являются взвешенные вещества, сульфаты и хлориды, а объемы 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), ранее уже использовавшийся для оценки антропогенного воздействия на водные ресурсы Дальнего Востока (Яковлева, На Юн За, 1999). ИЗС является интегральным показателем, представляющим собой объем воды, требуемой для разбавления сточных вод до уровня ПДК рыбохозяйственных водоемов (Приказ Федерального..., 2010), рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИЗС} = V_i \sum_i^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

где V_k - объем сброшенных на территории административного района загрязненных сточных вод;

C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества в сточных водах;

ПДК_i - предельно-допустимая концентрация i -го вещества в водоемах рыбохозяйственного назначения;

n - количество учитываемых загрязняющих веществ.

В отличие от суммарного объема ЗВ, ИЗС учитывает класс опасности загрязняющего вещества. Очень близким к нему является показатель индекса антропогенной нагрузки ИАН, введенный ГОСТом 57075-2016 в качестве одного из критериев идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности (ГОСТ., 2016). ИАН характеризует требуемое количество условного объема разбавляющей воды в единицу времени с целью соблюдения целевых показателей качества воды водного объекта.

На рис. 5.3. показана оценка территориальной дифференциации объемов сброса ЗВ в водотоки территории бассейна Амура с использованием показателя ИЗС. Наибольшие объемы воды для разбавления ЗВ в сточных водах требуются в крупных городах (табл. 5.2), 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 дополняют друг друга и в

совокупности дают представление о территориальной структуре воздействия на водотоки территории бассейна Амура по величине сброса загрязняющих веществ.

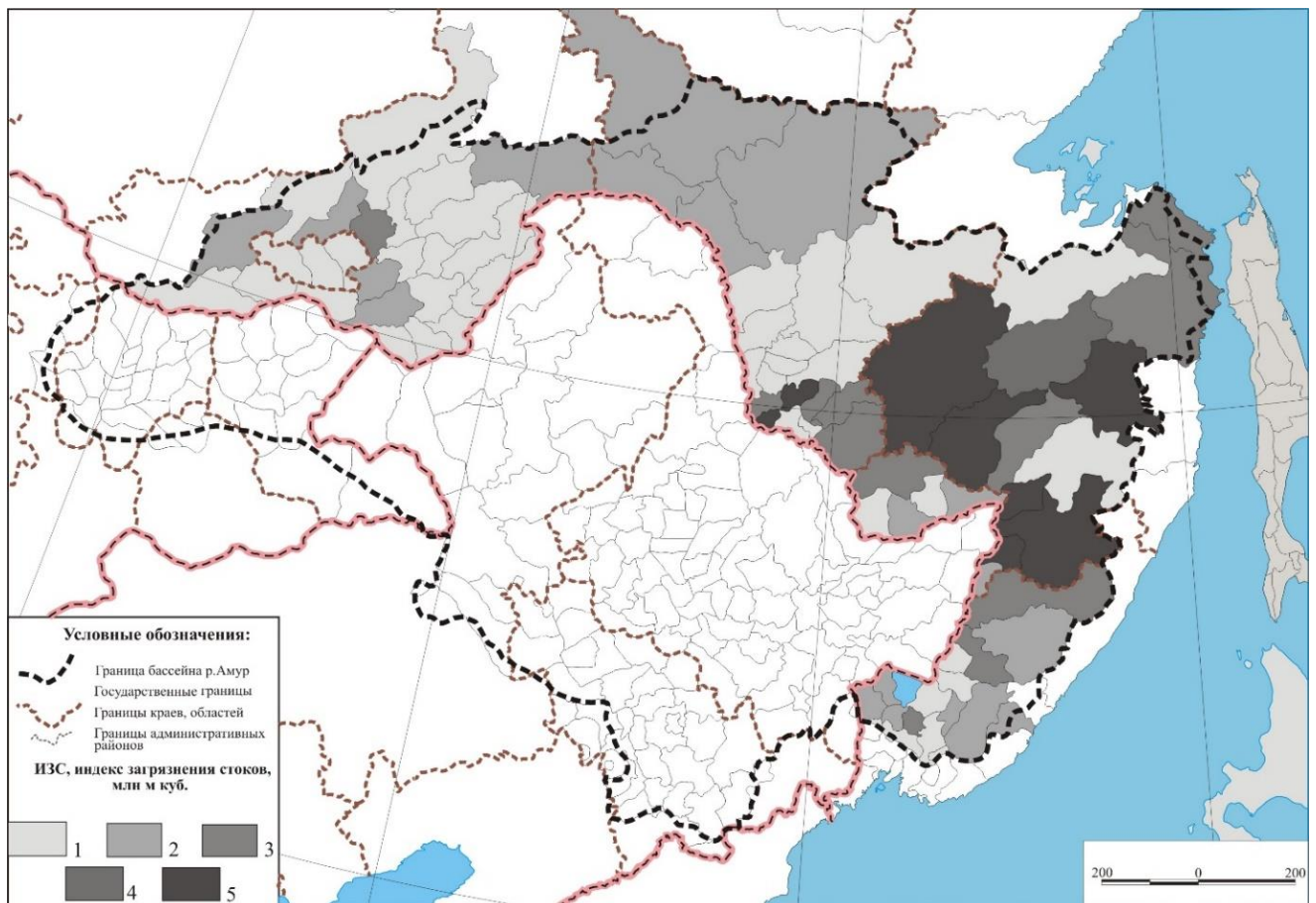


Рис. 5.3. Индекс загрязнения стоков, млн м³.

1 – до 10 млн м³ в год; 2 – более 10, но не выше 100 млн м³ в год; 3 – более 100, но не выше 500 млн м³ в год; 4 – более 500, но не выше 1000 млн м³ в год; 5 – более 1000 млн м³ в год

Таблица 5.2. Индексы загрязнения сточных вод

Город/район	Объем СВ имеющих ЗВ, млн м ³	ИЗС, млн м ³	ИЗС соответствует расходу воды, м ³ /с
г. Чита	32,48	3548	112
г. Благовещенск	24,5	4200	133
г. Биробиджан	10,1	1184	37,6

г. Хабаровск	104,19	34021	1079
г. Комсомольск-на-Амуре	47,29	5897	187
г. Амурск	2,27	46	1,45
г. Лесозаводск	2,14	115	3,66
Административные районы Хабаровского края и Амурской области			
Верхнебуреинский	14,02	1563	49,5
Вяземский	0,61	1191	37,8
Комсомольский	1,59	1137	36,1
Им. Лазо	2,01	1732	54,9
Хабаровский	5,37	4014	127
Октябрьский	32,77	1215	38,5

Динамика объемов загрязняющих веществ, сбрасываемых со сточными водами, в субъектах РФ, расположенных на территории бассейна р. Амур, представлена на рис. 5.4. Наименьшие объемы характерны для ЕАО, наибольшие – для Хабаровского края. Характер изменений объемов ЗВ различается в зависимости от субъекта РФ: за 2007 – 15 гг. объемы ЗВ снизились в Хабаровском крае и Амурской области, увеличились в Забайкальском крае⁹, суммарный объем сброса ЗВ в бассейне уменьшился с 51,5 тыс. т в 2007 г. до 44,9 тыс. т в 2015 г.

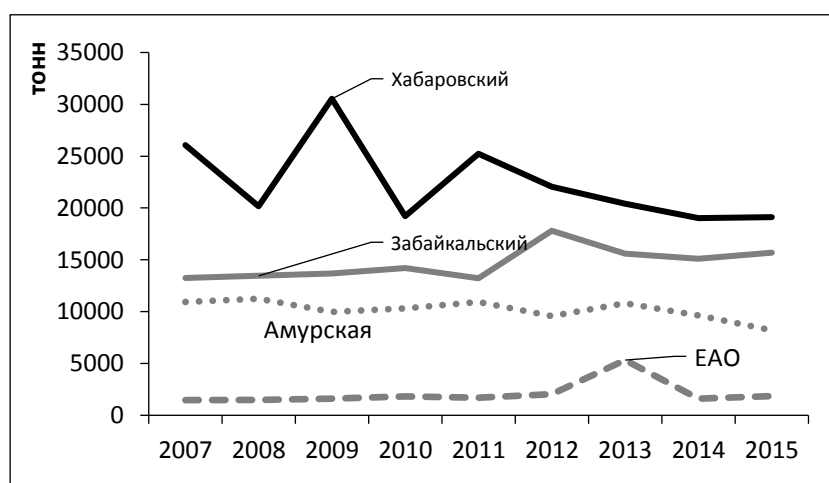


Рис. 5.4. Динамика сброса ЗВ по субъектам РФ в бассейне р. Амур, т

⁹ 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

5.2. Качество трансграничных вод

5.2.1. История изучения качества вод р. Амур

Научные исследования качества вод российской части бассейна разрознены по территории и временным периодам, т.е. они проводились на локальных участках водотоков в отдельные периоды времени, по отдельным створам и отдельным элементам. Поэтому не существует систематизированных научных данных, которые позволяли бы выявить долговременную динамику качества вод в конкретном створе.

В исследованиях качества вод бассейна р. Амур можно условно выделить три периода – ранние, т.е. фона, в начале 1970-х гг., антропогенного загрязнения – с конца 1970-х и в 1980-е гг. и трансграничного загрязнения - с конца 1990-х гг.

В 1970-х гг. изучалось содержание железа и микроэлементов в поверхностных водах Среднеамурской впадины, было установлено, что оно находится в зависимости от химического состава осадков, характера дренируемых ландшафтов и времени года. Концентрации железа в речных водах горных участков редко превышали 0,3 мг/г, а в периоды высокой водности снижались до 0,1 мг/л. В пределах низменностей максимальные содержания железа наблюдались зимой в условиях бескислородного режима (Труфанов, Коробий, 1973). Дальнейшие исследования выявили резкое возрастание и последующее снижение концентрации и стока растворенного железа в Амуре и его притоках во второй половине 1990-х годов. При этом, если в 1970-1980-е годы концентрации железа, превышающие 1,0 мг/дм³, регистрировались обычно в зимний лимитирующий период, то во второй половине 1990-х гг. высокие концентрации железа были приурочены в основном к летне-осеннему периоду. Обоснованы вероятные причины этого явления - деградация многолетней мерзлоты в бассейне Амура в результате климатических изменений, интенсивное использование подземных вод для ирригации на китайской части бассейна (Shamov et.al., 2008). Было исследовано сезонное распределение органического вещества в реках

бассейна Амура и показано, что на него оказывают влияние гидрологические условия, состав почв и растительности, процессы смыва вещества и растворение продуктов распада. Основная масса органических веществ поступает из почв и растительного опада. На верхнем и среднем Амуре зимой содержание органических веществ понижается, а в периоды высокой водности во время половодья и паводков возрастает. Перманганатная окисляемость здесь составляет 2-82, а бихроматная 7-126 мгО/л. На нижнем Амуре показатели окисляемости вод понижаются (до 2-31 и 6-77 мгО/л соответственно), этому способствует быстрое разложение органического вещества в условиях распашки почв и вырубки лесов (Погадаев, 1973).

В 1976-77 гг. были проведены исследования загрязненности поверхностных вод вдоль трассы БАМа на содержание взвешенных веществ, азота аммонийного, СПАВ, нефтепродуктов, БПК₅ в период летне-осенней межени. По результатам этих исследований оказалось, что повышенное содержание БПК₅ наблюдалось в рр. Хурмули, Тында; максимальные величины содержания СПАВ – в рр. Амур, Зея; высокие значения нефтепродуктов отмечались во всех пробах; взвешенные вещества с наибольшим превышением допустимых значений отмечались в рр. Амур, Селемджа, Хурмули, Чегдомын; также в рр. Амур и Тында отмечались превышения содержания цинка, меди, железа (Оценка воздействия..., 1982).

В 1984-88 гг. проводились исследования качества вод водотоков бассейна оз. Ханка, и было установлено, что реки Спасовка, Кулешовка, Мельгуновка, Илистая, Комиссаровка загрязнены биогенными веществами, например, по аммонийному азоту с превышением ПДК до 14 раз, также были обнаружены высокие концентрации фенолов, пестицидов (Редковская, Толстоногова, 1992).

Изучалась пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод в бассейне р. Уссури, и было показано, что в крупных реках западного макросклона Сихотэ-Алиня, дренирующих водосборы с заболоченной поймой и хозяйственно освоенные равнинные участки, концентрации растворенных форм меди, цинка и никеля возрастают в 2-3 раза, железа и марганца – в 3-8 раз. За

пределами локального влияния сбросов сточных вод и участков с полиметаллическим орудинением концентрация растворенных форм металлов незначительна (Шулькин и др., 2009).

В 1980-х гг. впервые было отмечено резкое ухудшение качества воды на нижнем Амуре, особенно в зимний период, за счет «фенольного загрязнения», когда накопление в подледной воде фенолов приводило к резкому ухудшению органолептических показателей (Юрьев, Лебедев, 1989). Это загрязнение связывали со сточными водами в пределах Амуро-Комсомольского ТПК, но дальнейшие исследования показали, что оно связано с комплексом различных летучих органических веществ, а не с монофенолом (Кондратьева, 2008). Была показана роль затопления древесины (около 3,5 млн м³) при строительстве Зейского водохранилища в загрязнении фенолами - продуктами ее разложения. Концентрация фенолов в Зейском водохранилище в начале 1990-х годов - через 20 лет после начала заполнения - оказалась в 12 раз больше предельно допустимой (Дмитриева, 2012).

Проводилась оценка влияния крупных притоков на формирование качества воды в р. Амур, и было установлено, что вклад главных притоков в различные годы и их сезоны отличается, а определяющим он становится в летнее время, особенно за счет паводков (Кондратьева, 2008).

Было показано, что реки бассейна верхнего Амура содержат в своих водах значительное количество общего углерода с существенным преобладанием его неорганических форм, которые превышают органические в 1,7–20 раза. Доля гумусовых веществ в составе растворенного органического вещества отражает особенности характера почв водосборов (лесостепной и степной зон) (Левшина, 2012). Анализировалось влияние торфяных пожаров на качество вод Приамурья, с этим фактором связано аномально высокое содержание нитритного (до 0,92 мг/дм³) и аммонийного азота (до 98,4 мг/дм³) в снежном покрове и поверхностных водах (Шестеркин и др., 2009).

Изучалось влияние гидроэнергетического строительства на качество воды Амура и по данным наблюдений в зимнюю межень 2007–2012 гг. было

установлено, что в воде р. Амур у г. Хабаровска по сравнению с 1949–1975 гг. концентрации валового железа снизились в 1,4 раза. Однако, общий объем стока железа за счет сбросов ГЭС увеличился в 1,6 раза (Шестеркин, 2012).

С хозяйственной деятельностью в бассейне Амура связывают повышение биогенных и органических веществ в зимнюю межень у г. Хабаровск – по сравнению с серединой 20-го века в настоящее время их содержание выросло в 2 раза. Выделяются периоды низкого качества воды у г. Хабаровск: 1968-77 гг., 1996-2003 гг., 2005-06 гг. (Шестеркин, 2010).

На основе данных отбора проб воды с различных глубин по фарватеру Амура от с. Черняево до г. Благовещенска в 2004 г., было показано, что в летне-осенний меженный период поверхностные воды верхнего Амура были подвержены незначительному антропогенному воздействию, и по показателям качества могли быть использованы для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Основное загрязнение осуществлялось взвешенными веществами во время паводков. Вниз по течению на исследуемом участке наблюдалось увеличение содержания микроэлементов во взвешенном веществе (Радомский, 2007).

По результатам исследований, проведенных в 2009-12 гг. на среднем Амуре у населенных пунктов Благовещенск, Гродеково, Поярково, Пашково, Амурзет, Нагибово, Ленинское, Нижнеспасское показано, что зарегулирование рек Зея и Бурей обусловило понижение величин минерализации, концентраций главных ионов, повышение содержания органических веществ в воде р. Амур на участке между устьями Зеи и Буреи (Шестеркин, Шестеркина, 2012).

Анализировалось содержание микроэлементов в р. Амур и ее притоках с разной степенью антропогенной нагрузки. Установлено, что в водах малых рек бассейна Амура, которые загрязняются промышленно-бытовыми стоками и отходами горнопромышленного комплекса, например, в рр. Силинка в районе г. Комсомольск–на-Амуре, Березовая, Абрамовка, возрастает содержание не только тяжелых металлов, но и большой группы других элементов. Наиболее низкие содержания отмечаются в р. Анюй в силу низкой минерализации и отсутствия какого-либо загрязнения. В Бурейском водохранилище отмечаются

более высокие значения, связанные во многом, как с разными источниками пространственного поступления, так и с вертикальным распределением (Чудаева и др. 2010).

Трансграничное загрязнение. Многочисленные исследования, свидетельствующие о трансграничном загрязнении р. Амур с территории КНР, в том числе со стоком р. Сунгари, проводились не только российскими, но и иностранными учеными. В 1997–2000 гг. китайскими и французскими специалистами в ходе мониторинга по всему течению Сунгари было выявлено 190 органических загрязнителей, 46 из них – опасные для человеческого здоровья (Technical assistance..., 2003). В это время на нижнем Амуре были зарегистрированы случаи отравления домашних животных и даже людей, в 4-х административных районах Хабаровского края официально было запрещено употреблять воду и рыбу из Амура. В пробах воды выявлялась рекордная концентрация (906 ПДК) суммы полициклических ароматических соединений фенольного ряда. В рыбе была обнаружена группа летучих органических соединений (этанол, метанол, ацетон, уксусный альдегид, этилацетат, изопропанол, метилэтилкетон, эфиры масляной кислоты и др.).

О поступлении из р. Сунгари в р. Амур ароматических соединений фенольного ряда и азотсодержащих органических соединений было установлено в (Кондратьева и др., 1999, 2000). В 30 км ниже впадения реки Сунгари в Амуре более 80% соединений азота и 70% фосфатных комплексов имели сунгарийское происхождение (Шестеркин, 2007; Воронов, Махинов, 2008).

Исследованиями института водных и экологических проблем ДВО РАН, проводившимися с 1996 г., установлено, что ниже устья р. Сунгари в воде Амура увеличиваются: минерализация – в 2,3-3,7 раза, содержание аммонийного азота - в 4,6-12,1 нитритного азота- в 5-13 раз, фосфатов – в среднем в 3,1-6,1 раза, хлоридов и сульфатов – в шесть, нефтепродуктов – в 10 раз. Содержание растворенного в воде кислорода снижается в 2 раза. Повышенный сток биогенных веществ из Сунгари увеличивает биомассу водорослей в Амуре в 4 раза (Воронов, 2005). По данным исследования, проведенного в 2005 г. по Программе ДВО РАН

«Комплексные экспедиционные исследования природной среды бассейна р. Амур», было показано, что в районе г. Хабаровск содержание кобальта, железа, марганца и других металлов у правого берега р. Амур, вдоль которого, в основном, течет сунгарийской поток, на 20-40% выше, чем у левого (Воронов, Махинов, 2008). В целом с российской части территории бассейна в Амур поступает только около 10% загрязненных стоков, остальные – с китайской части (Готванский, 2007).

Существенно влияет р. Сунгари на загрязнение р. Амур взвешенными веществами на участке от Хабаровска до Комсомольска-на-Амуре, в т.ч. во время паводков. После интенсивных дождевых паводков летом 1998 г. содержание взвешенных веществ в Амуре ниже устья р. Сунгари составляло 417 мг/дм³, вниз по течению в районе г. Хабаровска оно снижалось до 240 мг/дм³ (Дугина, 1999). Взвешенные вещества, выносимые со стоком р. Сунгари, мигрируют по основному руслу Амура и принимают участие в формировании донных отложений, обеспечивая поступление органических веществ и различных элементов, в том числе токсичных тяжелых металлов.

Выявлено, что, трансграничное загрязнение вод Амура проявляется ниже впадения р. Сунгари во все фазы водного режима (Шестеркин, Шестеркина, 2010). В зимнюю межень вода загрязнена аммонийным и нитритным азотом, в половодье – нитритным азотом. Во все фазы водного режима, кроме летней межени, вода характеризуется повышенным содержанием нитратного азота. Высокая насыщенность бассейна р. Сунгари предприятиями и активное использование минеральных удобрений на сельскохозяйственных угодьях создает постоянный риск загрязнения вод Амура биогенными веществами. В водах реки во все фазы водного режима обнаруживаются высокие концентрации летучих и нелетучих органических соединений, пестицидов, полиароматических углеводородов, тяжелых металлов. По данным многолетних исследований наблюдается накопление токсичных веществ в донных русловых и пойменных отложениях, в водорослях, водной и околородной растительности, моллюсках и рыбе (Воронов, Махинов, 2008). Трансграничное загрязнение Амура с

сопредельных территорий Китая в начале 2000-х гг. считалось одним из наиболее весомых факторов загрязнения р. Амур стойкими органическими соединениями, в том числе хлорсодержащими пестицидами, бифенилами и ПАУ (Кондратьева, 2005). Вещества группы низкомолекулярных спиртов, альдегиды и эфиры масляной кислоты, отличающиеся высокой летучестью, были обнаружены в период ледостава 2002 г. в рыбе, выловленной в основном русле р. Амур на участке от устья р. Сунгари до г. Николаевск-на-Амуре.

Согласно данным, приведенным в (Рапопорт, Кондратьева, 2008), в воде, отобранной в районе Центрального водозабора г. Хабаровска, в 2004 г., на протяжении нескольких месяцев обнаруживались органические вещества антропогенного происхождения – нефтепродукты и фталаты, используемые в нефтехимической промышленности, которая на российской части бассейна Амура отсутствует, что свидетельствует о хроническом загрязнении Амура на участке, расположенном от устья Сунгари на расстоянии 270 км.

По результатам исследований, проведенных в 2009-12 гг. на среднем Амуре, у населенных пунктов Благовещенск, Гродеково, Поярково, Пашково, Амурзет, Нагибово, Ленинское, Нижнеспасское показано, что ниже впадения р. Сунгари в водах Амура в сравнении с вышележащими участками, увеличивается содержание растворенных веществ в зимнюю межень и нитритного азота в период половодья, повышается содержание нитратного азота и фосфора. Вместе с тем отмечалось снижение аммонийного азота в зимнюю межень 2011-12 гг. Наибольшее поступление фосфора и минеральных форм азота в Амур наблюдается во время паводков на р. Сунгари (Шестеркин, Шестеркина, 2012).

Влияние р. Сунгари было изучено во время мониторинга последствий техногенной аварии в Китае в период ледостава 2005–2006 гг. – нитробензол, поступивший с водами Сунгари, несмотря на происходящее разбавление вниз по течению Сунгари и Амура, был зарегистрирован в районе Комсомольска-на-Амуре (Кондратьева и др., 2013). Загрязненные после аварии воды поступили в Амур через месяц, при этом максимальная концентрация нитробензола в воде (0,209 мг/л), превышающая российский ПДК для водных объектов

рыбохозяйственного назначения в 20 раз, была зафиксирована у правого берега Амура ниже впадения Сунгари (Кондратьева, Фишер, 2009). По данным отбора проб летом 2005 г. ниже устья Сунгари содержание ртути в наносах у правого берега заметно превышало соответствующий показатель для наносов, отобранных у левого берега (0,075 и 0,032 мг/кг соответственно). В пробах, отобранных ниже устья Сунгари, аммонифицирующие и нитрифицирующие бактерии из донных отложений проявляли максимальную устойчивость к ртути при концентрации 0,0005 мг/дм³, что может быть связано с хроническим загрязнением их местообитаний ртутью (Кондратьева, Голубева, 2013).

Сравнительный анализ показателей экотоксикологического состояния (ПЭС) у популяций *Nodularia* из различных местообитаний выявил, что вне зоны влияния р. Сунгари ПЭС соответствовал благополучному состоянию моллюсков (меньше 0,5), а на участке ниже устья р. Сунгари ПЭС изменялся до уровней, характеризующих неблагоприятное и опасное состояние (от 0,6 до 2) (Кондратьева и др., 2011).

По данным совместного российско–китайского мониторинга на р. Амур в 2010 г. в створе в районе с. Нижнеленинское, расположенного на территории ЕАО, в пробах воды, отобранных у правого берега, возрастали значения средних и максимальных концентраций по таким показателям, как ХПК, БПК₅, азот аммонийный, фосфаты, азот нитратный, медь, цинк, свинец, азот нитритный, нефтепродукты, мышьяк, кадмий, взвешенные вещества, хлорфенолы, термотолерантные колиформные бактерии, а также значения водородного показателя. У правого берега процент повторяемости случаев превышения ПДК 2,4,6-трихлорфенола увеличивался до 50%, в 33% случаях наблюдалось превышение ПДК по фосфатам. Повышалась средняя за год концентрация фосфатов, меди, нефтепродуктов, хлорфенолов и полихлорированных бифенилов. Содержание ртути практически по всей ширине потока было одинаковым (Информационный бюллетень..., 2010).

В марте 2014 г. на участке главного русла р. Амур в районе населенных пунктов с. Амурзет и с. Ленинское концентрации аммонийного азота со стороны

китайского берега по сравнению с российской частью были выше в 13 раз, нитратного – в 5,7 раза (Шестеркин, Шестеркина, 2015).

Ранее на основе данных наблюдений за 2000-2010 гг. были рассчитаны среднемноголетние объемы притока загрязняющих веществ по длине реки и проиллюстрировано, что тенденция увеличения содержания загрязняющих веществ в воде прослеживается вниз по течению от с. Черняево до г. Николаевска-на-Амуре. (Никаноров и др., 2013).

Качество воды на участке нижнего Амура (от г. Хабаровска до устья (Хабаровский край); протока Амурская от 39 км до устья) за период 2006-2008 гг. детально оценивалось в рамках работ по проекту разработки нормативов допустимого воздействия на водные объекты, выполненного ДальНИИВХ. Оценки проводились на основе данных о среднегодовых фактических и расчетных фоновых концентрациях загрязняющих веществ в воде р. Амур и ее притоков. Было установлено, что на исследуемом участке имеет место высокий уровень комплексности загрязненности воды, обусловленный превышением нормативов ПДК_{рыбохоз} по таким веществам как марганец, медь, цинк, железо, свинец, фенолы, нефтепродукты, аммонийный и нитритный азот и органические вещества.

5.2.2. Качество вод в р. Аргунь и в главном русле р. Амур

Наиболее систематизированными данными о качестве вод р. Амур являются данные государственной системы наблюдений Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), проводящей отбор и анализ проб по единой ведомственной методике, что позволяет исключить влияние различий в методах определения отдельных веществ. На основе результатов анализа выполняется расчет комплексных показателей загрязненности воды. Один из таких показателей - удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) – «относительный показатель, условно оценивающий в виде безразмерного числа долю

загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязненности воды, обусловленной одновременным присутствием набора загрязняющих веществ, в среднем одним из учтенных при расчете комбинаторного индекса ингредиентов и показателей качества воды» (РД 52.24.643-2002...., 2003, с. 23). Методика расчета УКИЗВ разработана Гидрохимическим институтом (ГХИ) Росгидромета, она учитывает кратность превышения ПДК загрязняющих веществ, повторяемость случаев этого превышения и количество анализируемых веществ.

По мнению разработчика методики расчета индекса, он является комплексным, целесообразность его применения обусловлена широким набором загрязняющих веществ в воде водных объектов. При расчете индекса используются предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов рыбохозяйственного и хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения с учетом их наиболее жестких значений.

Данный индекс является обобщенным показателем, он не учитывает геохимические особенности ландшафтов территории речных бассейнов и, соответственно, повышенные в сравнении с предельно допустимыми природные концентрации отдельных веществ (например, железа, марганца), не позволяет выделять антропогенную составляющую загрязнения водных объектов для веществ двойного генезиса (например, форм азота, фенолов и др.). Однако, рассчитываемый по установленной схеме и определенному набору веществ, он предоставляет возможность сравнительной оценки загрязненности вод в каждом конкретном пункте наблюдений за те или иные интервалы времени.

Анализ динамики качества вод в главном русле р. Амур от с. Черняево до Николаевска-на-Амуре на основе данных по УКИЗВ за период 2005-15 гг. показывает, что качество вод 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. Данное ухудшение может быть связано с повышенной водностью этих лет, вследствие чего, возможно, увеличивалась роль рассредоточенных источников в формировании загрязнения – распаханых земель, территорий, пройденных пожарами, с которых смывается огромное количество ЗВ и др. (рис. 5.5, 5.6). Качество вод р. Аргунь за указанный период не улучшилось.

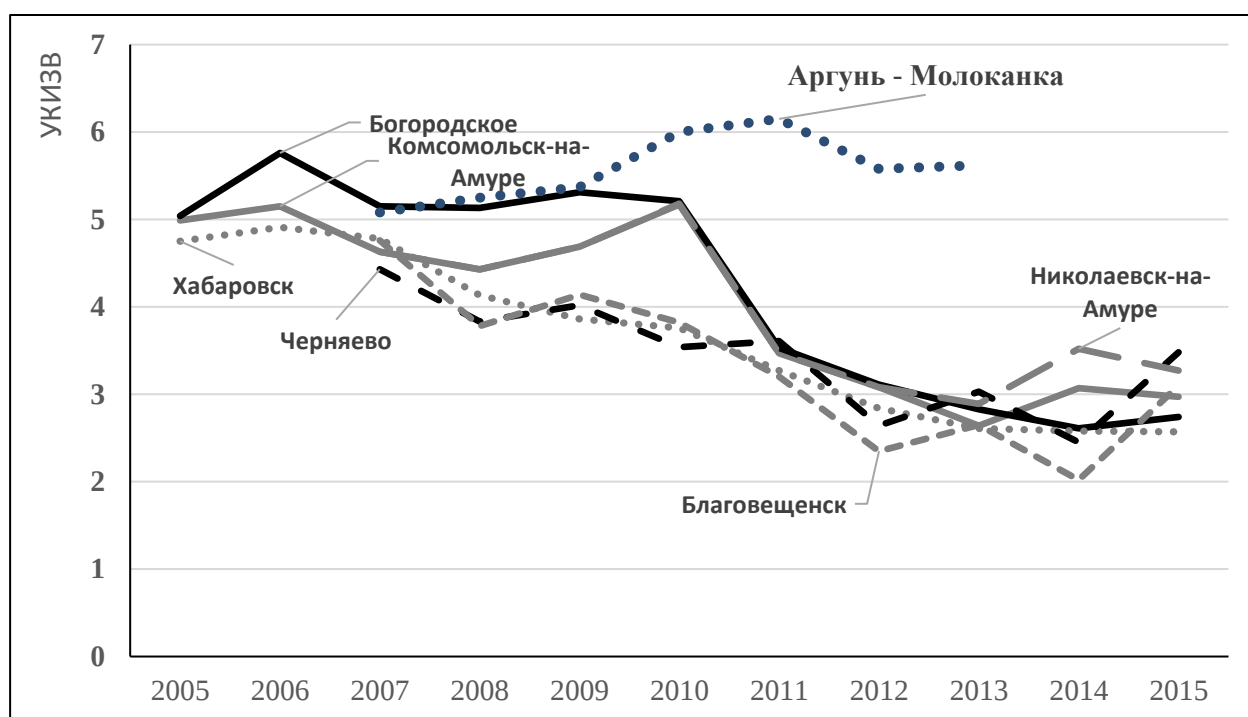


Рис. 5.5. Динамика качества вод в р. Аргунь и главном русле р. Амур по УКИЗВ
Составлено по: (Информационный бюллетень..., 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016).

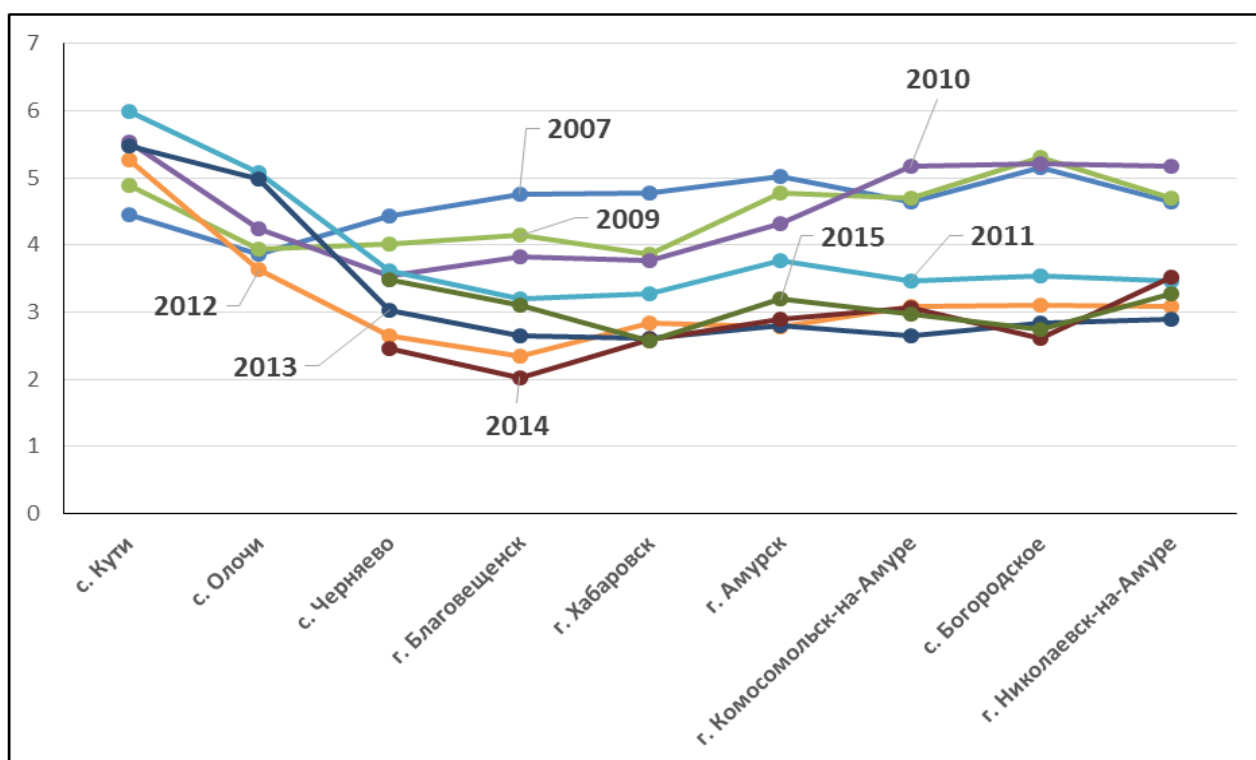


Рис. 5.6. Динамика качества вод в главном русле р. Амур по отдельным створам

В условиях, когда отсутствуют наблюдения за качеством воды в створах на главном русле Амура на границах между соседними субъектами РФ, а данные о динамике загрязнения имеются только в целом по субъектам, отсутствует возможность определить, каким образом влияют объемы 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. Кроме того, общий объем загрязнений, сбрасываемых в водотоки, и его снижение за период 2007-15 гг. незначительны в сравнении с разбавляющей способностью водотока.

Исключение составляет створ у г. Хабаровск, замыкающий часть водосбора, находящегося на территории Забайкальского края, Амурской области и ЕАО. 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, равны 0,25 и 0,20.

Учитывая многочисленные данные о влиянии р. Сунгари на загрязнение воды в р. Амур различными веществами, описанные выше, а также интенсивность водопользования и огромные объемы ЗВ, сбрасываемых в водотоки на китайской части бассейна, логично предположить, что снижение индексов загрязнения вод р. Амур у г. Хабаровск обусловлено улучшением качества вод в бассейне р. Сунгари, доля стока которой в общем стоке Амура у г. Хабаровск в среднем по году составляет около 30 %.

По данным министерства окружающей среды КНР с 2005 г. качество вод в водотоках бассейна р. Сунгари постепенно улучшается – воды все большей части водотоков бассейна соответствуют питьевому качеству (класс III) (табл. 5.3; рис. 5.7, 5.8; Приложение 4).

Таблица 5.3. Качество воды в бассейне р. Сунгари (% участков водотоков, соответствующих классам качества)

год	Классы качества вод					
	I	II	III	IV	V	Хуже V
2005		5	19	45	12	19
2006		3	21	48	7	21
2007	2,4	7,1	14,3	52,4	4,8	19
2008			33,3	45,2	7,2	14,3
2009			40,5	47,6	2,4	9,5
2010	0,5	8,4	41,9	21,2	8,8	19,2
2011		19,2	46,8	30,2		
2012		26,9	65,3	3,9	3,9	
2013		20,6	52,9	26,5		
2014		6,9	55,2	28,7	4,6	4,6
2015		8,8	64,7	11,8	5,9	8,8

Источник: составлено по данным (Сайт Бюро статистики КНР; Бюллетень..., 2007-2015).

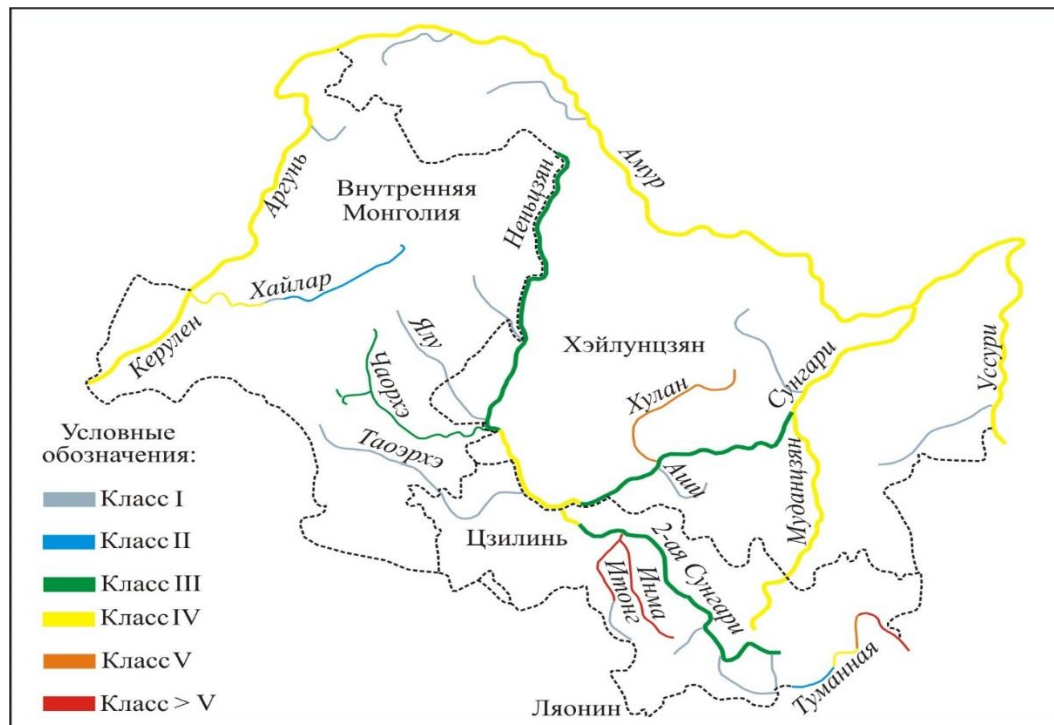


Рис. 5.7. Качество вод на китайской части бассейна р. Амур, 2008 г.

Составлено по: данным (Сайт Министерства...)

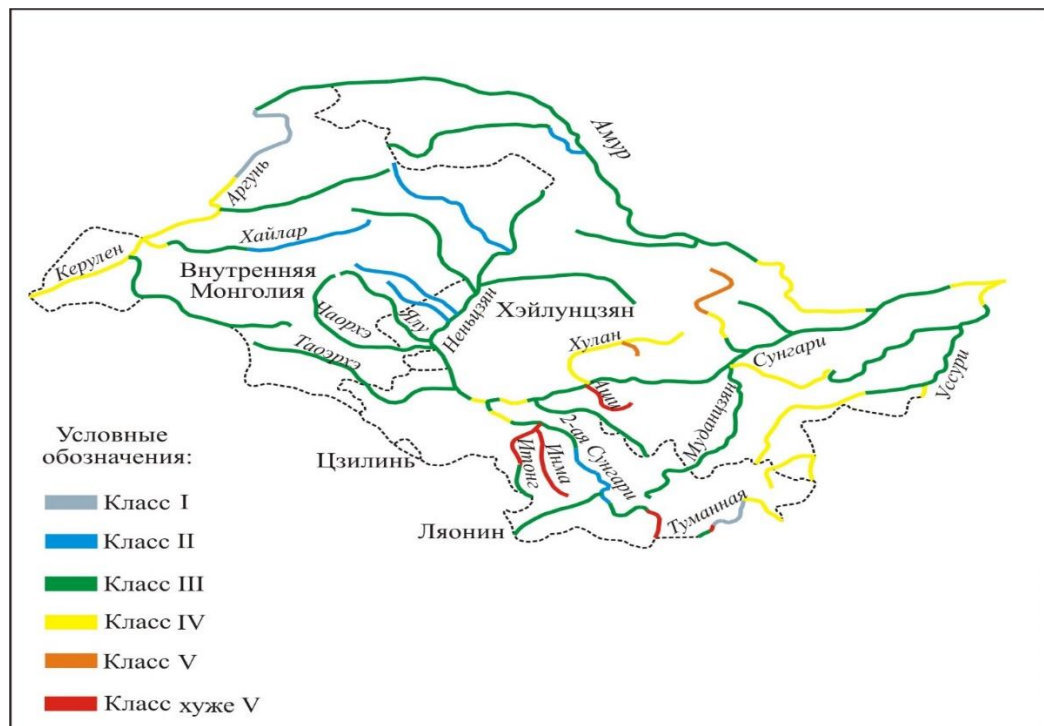


Рис. 5.8. Качество вод на китайской части бассейна р. Амур, 2015 г.

Составлено по: (Сайт Министерства...)

Соотношение между долей водотоков в бассейне р. Сунгари III (питьевого) класса качества вод и значениями УКИЗВ в створе р. Амур – г. Хабаровск характеризуется высоким коэффициентом детерминации R^2 , равным 0,92 (рис. 5.9). Несмотря на незначительный размер выборки, оценки параметров уравнения линейной регрессии являются статистически значимыми, а их стандартные ошибки незначительны.

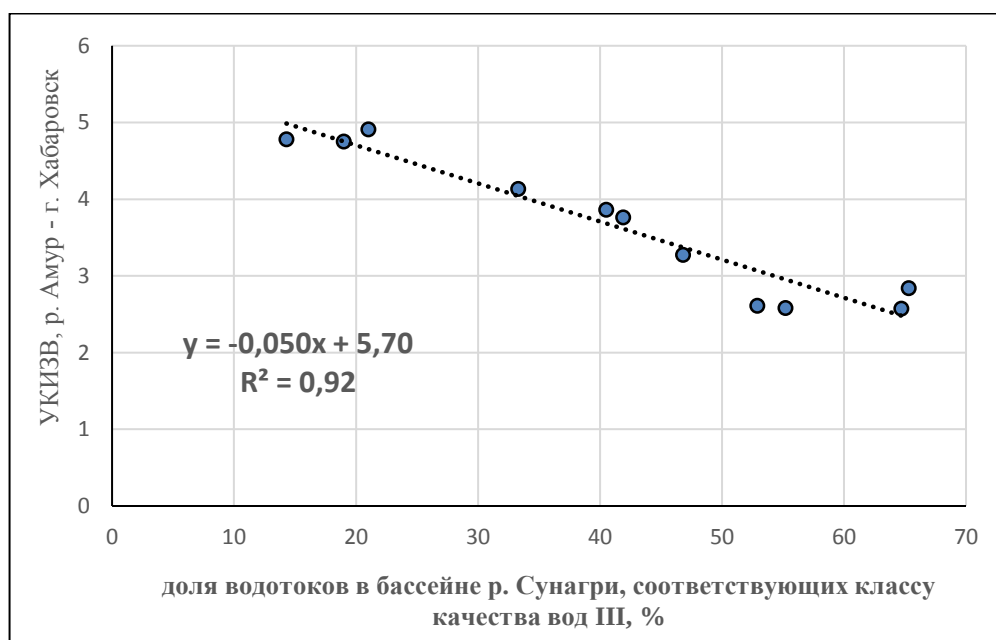


Рис. 5.9. Зависимость качества вод р. Амур у г. Хабаровск и р. Сунгари

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 (рис. 5.10). Это, вероятно, указывает на ослабление влияния реки Сунгари на качество вод Амура ниже по течению от г. Хабаровск, хотя так называемая «сунгарийская струя» прослеживается до г. Комсомольск-на-Амуре.

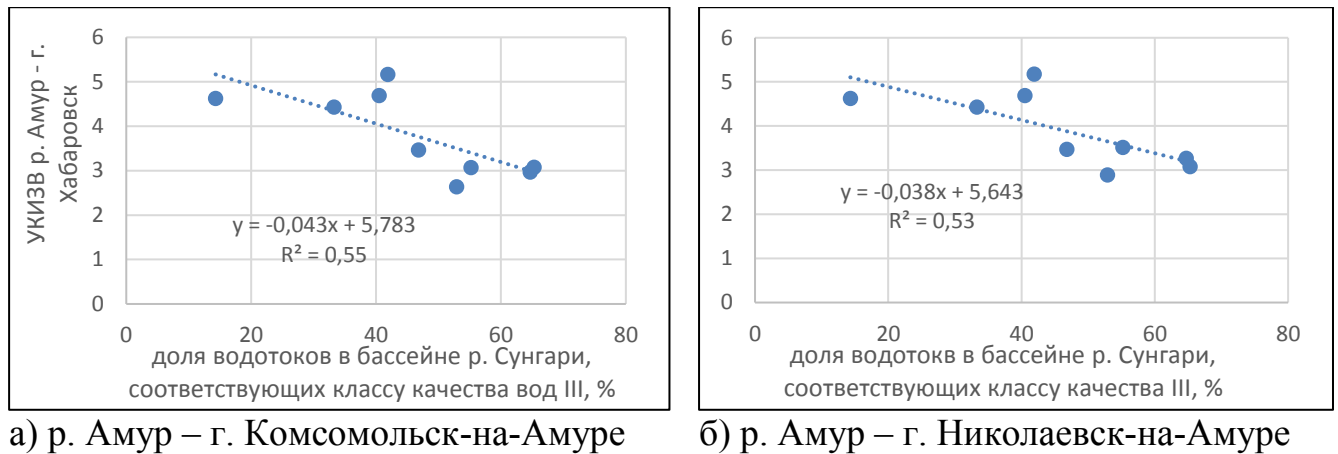


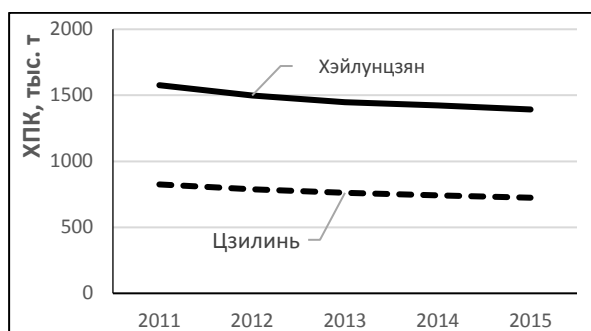
Рис. 5.10. Зависимость качества вод р. Сунгари и р. Амур ниже г. Хабаровск

Улучшение качества вод в бассейне Сунгари обусловлено более эффективным национальным экологическим контролем со стороны КНР. Из-за ограниченных экологических возможностей к 2000-м гг. водная среда в Китае достигла состояния беспрецедентного загрязнения - более 60% водотоков в бассейнах крупных рек, в т.ч. Сунгари имели категорию загрязнения IV или хуже. С начала 2000-х гг. в целях снижения загрязнения вод в стране совершенствуется политика по охране окружающей среды. В период 10-й пятилетки (2001-2005 гг.) были введены крупные поправки в систему стандартов сброса сточных вод. В течение 11-ой пятилетки (2006-2010 гг.) были введены поправки к 100 национальным законам и более 1000 стандартам, касающимся охраны окружающей среды. К 2010 г. в стране насчитывалось 36 национальных норм сброса загрязнителей воды, также были улучшены субнациональные стандарты.

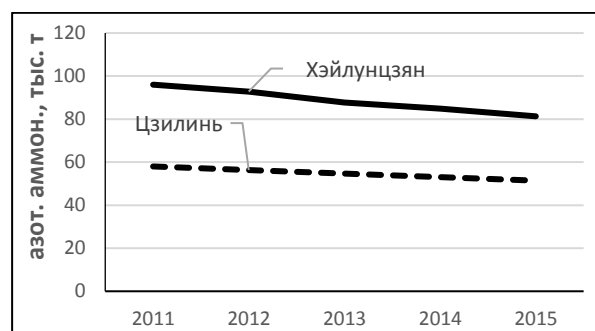
За период 12-й пятилетки (2011-15 гг.) КНР предприняла ряд последовательных мер в области безопасности водных ресурсов: в 2011 г. опубликован документ ЦК КПК, который поставил водную безопасность на первое место в политической повестке дня; в 2012 г. введен термин «экологическая цивилизация» и разработана политика «Трех красных линий» с ее целевыми показателями в области качества вод; в 2014 г. ужесточен Закон охране окружающей среды; в 2015 г. для достижения целевых ориентиров «Красных

линий» принят «План действий по предупреждению и контролю загрязнения вод»; в 2016 г. введены поправки в Закон о воде. Принятые поправки к законодательству содержат жесткие требования к загрязнителям водной среды, а меры за их несоблюдение включают закрытие предприятий.

В результате предпринимаемых мер 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 (рис. 5.11); 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 и т.д.



а) ХПК, тыс. т

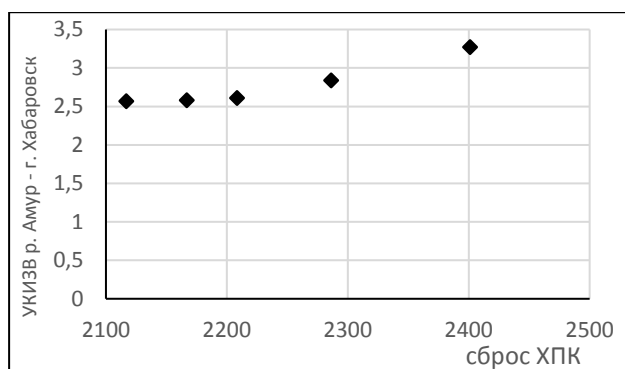


б) азот аммонийный, тыс. т

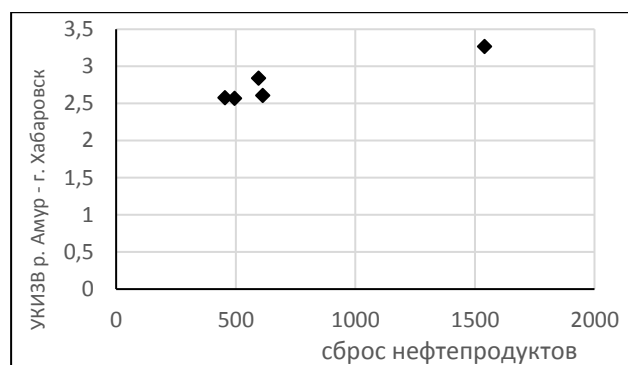
Рис. 5.11. Сброс отдельных ЗВ на китайской части бассейна р. Амур

Составлено по данным (Сайт Национального...)

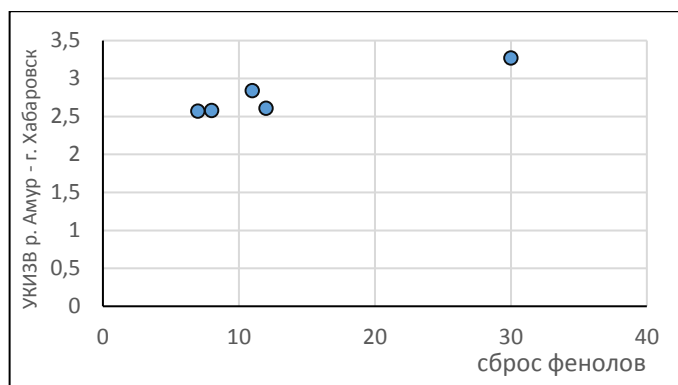
Из-за ограниченности сведений по объемам сброса ЗВ в китайский провинциях (они имеются только за 2011-15 гг.) и различиях в перечне веществ, контролируемых российской и китайской сторонами, сведения по которым доступны, достоверно оценить количественное влияние снижения этих объемов на динамику качества вод р. Амур у г. Хабаровск невозможно. Но даже имеющиеся данные показывают практически функциональную связь индексов загрязнения вод р. Амур с объемами ЗВ, сбрасываемых на китайской части бассейна; на рис. 5.12 эта связь показана на примере ХПК, фенолов и нефтепродуктов.



а) ХПК, тыс. т



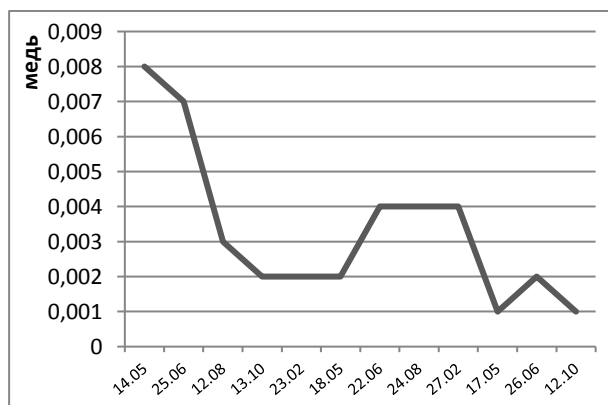
б) нефтепродукты, т



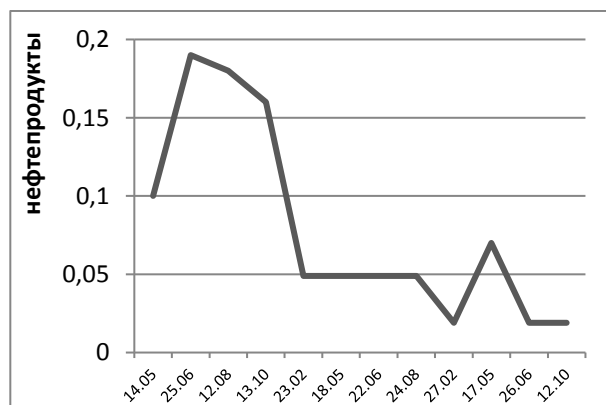
в) фенолы, т

Рис. 5.12. Зависимость качества вод р. Амур у г. Хабаровск и объемами ЗВ, сбрасываемыми в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь.

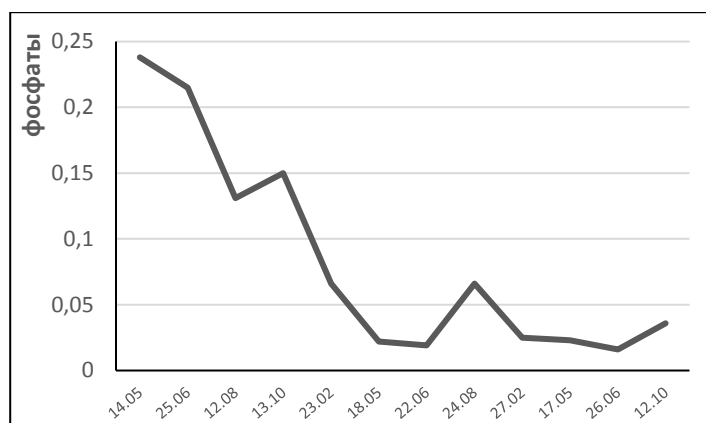
Улучшение качества вод в р. Сунгари подтверждают и те ограниченные данные трансграничного мониторинга вод р. Амур, проводимого в рамках российско-китайского Соглашения о рациональном использовании и охране трансграничных вод р. Амур, имеющиеся в нашем распоряжении (Итоговый Отчет..., 2010, 2011, 2013) (рис. 5.13).



а) медь, мг/дм³



б) нефтепродукты, мг/дм³



в) фосфаты, мг/дм³

Рис. 5.13. Динамика содержания загрязняющих веществ в р. Амур - Нижнеленинское у правого берега в верхнем слое воды за 2010 – 2013 гг., мг/дм³

Выявленную зависимость качества вод в р. Амур у г. Хабаровск от качества вод в р. Сунгари не следует считать случайной, т. к. трудно предположить наличие общего фактора, управляющего процессами формирования качества вод на российской и китайской частях бассейна.

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. Согласно планам КНР, к 2020 г. более 70% водотоков в бассейнах 7 ее крупных рек¹⁰ и более 93% источников питьевой воды в городах должны достигнуть III класса качества вод¹¹, а доля загрязненных подземных вод должна снизиться до 15 %. Для этого предусмотрено применение целевых показателей эффективности использования водных ресурсов, рыночных механизмов, таких как реформа тарифов на воду, кредитование и экологические компенсации.

¹⁰ Янцзы, Желтая, Жемчужная, **Сунгари**, Хуай, Хай и Ляохэ

¹¹ Поверхностные воды классов качества I – III считаются в КНР питьевыми

Заключение

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. Различия в численности населения на российской и китайской частях бассейна составляют десятки раз - 5,3 и около 90 млн чел., а темпы ее динамики разнонаправленные. К водоемким отраслям хозяйства на российской части относятся электроэнергетика, производство стали, рисосеяние; на китайской – электроэнергетика, нефтехимия, производство стали, целлюлозы, текстиля и др. На китайской части бассейна производство стали превышает российское почти в 80 раз, электроэнергии – более чем в 10 раз. Посевные площади под рисом, наиболее водоемкой сельскохозяйственной культурой, также различаются более чем в 10 раз.

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 различной интенсивностью водопользования.

Динамика показателей водопользования национальных частях трансграничного бассейна Амура имеет региональные особенности в сравнении с

общестрановыми, 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 объемов 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 регрессионные модели для прогноза водопотребления - общего для российской и сельскохозяйственного для китайской части бассейна, показывают хорошую сходимость с фактическими данными и минимальные ошибки. Метод прогноза на основе этих моделей может быть использован на различных территориальных и отраслевых уровнях. Сформулированы методические рекомендации для применения метода прогноза, заключающиеся в подборе периода расчета, проведении процедуры отбора наиболее информативных признаков - водоемких отраслей, ежегодной актуализации регрессионной модели.

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 с российской стороны, в отличие от р. Аргунь, в целом улучшилось, 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 литературы

1. Водный кодекс РФ. [Электронный ресурс]. Режим доступа http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/. Дата обращения 3.07.2016.
2. ГОСТ Р 57075-2016 «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности». [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=6&month=10&year=2016&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=197009>. Дата обращения 4.09.2017.
3. Конвенция ЕЭК ООН о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992 г.). [Электронный ресурс]. - <http://www.un.org/ru/>. (дата обращения 15.07.2016).
4. Конвенция ЕЭК ООН об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (1991 г.). [Электронный ресурс]. - <http://www.un.org/ru/> (дата обращения 15.07.2016).
5. Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Хельсинки, 1992. [Электронный ресурс]. - <http://www.un.org/ru/> (дата обращения 15.07.2016).
6. Конвенция о праве несудоходных видов использования международных водотоков [Электронный ресурс] - <http://www.un.org/ru/> (дата обращения 15.07.2016).
7. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электронный ресурс]. Режим доступа

<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/>. Дата обращения 19.10.2017.

8. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. 2003. 49 с.

9. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00 утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г. сайт Федеральной службы по надзору в сфере природопользования. Электронный ресурс. Режим доступа <http://rpn.gov.ru/>. Дата обращения 19.10.2017.

10. Амурская область: основные социально-экономические показатели: Стат. Справочник. Благовещенск: Амурстат. - 2015. - 67 с.

11. Ананьева, Е.Е. Разработка методов диагностического анализа для трансграничных территорий (ТДА) на примере трансграничных территорий юга Дальнего Востока РФ / Е.Е.Ананьева, А.Н. Качур // 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. 19-23.

12. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / отв. редактор Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева. М.: Наука. - 2003. - 367 с.

13. Анучин, Д.Н. Манчжурия / Д.Н. Анучин // Земледелие. 1897. Кн. 1. 232 с.

14. Анучин, В.А. Манчжурия. Экономико-географическое описание / В.А. Анучин. - М.: ОГИЗ, 1948. - 365 с.

15. Артеменко, Т. В. Условия формирования и эволюция бассейна Амура / Т. В. Артеменко, А. П. Сорокин // География и природные ресурсы. - 2009. - № 4. - С. 106-111.

16. Багова, В.З. Некоторые аспекты развития сельского хозяйства Забайкальского края в сравнении и приграничными территориями Монголии

и Китая / В.З. Багова // Природоохранное сотрудничество: Россия – Китай – Монголия. Часть I. Чита: Поиск. - 2012. - С. 21-24.

17. Бакланов, П.Я. О ресурсной форме производственно-природных отношений / П.Я. Бакланов // Проблемы рационального природопользования и охраны естественных ресурсов Дальнего Востока. - Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. - С. 3-13.

18. Бакланов, П.Я. Прямые и обратные природно-ресурсные звенья в структуре территориальных систем промышленности Дальнего Востока / П.Я. Бакланов // Экономико-географический аспект природопользования на Дальнем Востоке. - Владивосток: ред.-изд. отдел ДВНЦ АН СССР, 1979. - С. 33-40.

19. Бакланов, П.Я. Основные этапы и тенденции землепользования в бассейне реки Амур / П.Я. Бакланов, С.С. Ганзей // География и природные ресурсы. – 2004. - № 4. - С. 19-28.

20. Бакланов, П.Я. Географические границы и трансграничные географические структуры / П.Я. Бакланов // Проблемы устойчивого использования трансграничных территорий: мат. межд. конф. - Владивосток: ООО «Мега-Принт». - 2006а. - С. 4-5.

21. Бакланов, П.Я. Трансграничные геосистемы: теоретические аспекты исследования / П.Я. Бакланов // Проблемы устойчивого использования трансграничных территорий: мат. межд. конф. - Владивосток: ООО «Мега-Принт». - 2006б. - С. 9-10.

22. Бакланов, П.Я. Территориальные структуры хозяйства в региональном управлении / П.Я. Бакланов: Тихоокеанский ин-т географии ДВО РАН. – М.: Наука, 2007. – 239с.

23. Бакланов, П.Я. Трансграничные территории: проблемы устойчивого природопользования / П.Я. Бакланов, С.С. Ганзей. - Владивосток: Дальнаука, 2008. - 216 с.

24. Бакланов, П. Я. Глобальные и региональные риски устойчивого природопользования в бассейне Амура / П. Я. Бакланов, Б. А. Воронов // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2010. – № 2. – С. 17–24.
25. Бакланов, П.Я. Основные проблемы природопользования в трансграничном бассейне реки Амур / П.Я. Бакланов, В.П. Каракин // Природоохранное сотрудничество: Россия – Китай – Монголия. Часть I. - Чита: Поиск, 2012. - С. 25-34.
26. Бассейн реки Амур в Забайкалье в вопросах и ответах. / под ред.. Н.В. Пономаревой. - Чита: экспресс-издательство, 2011. - 208 с.
27. Битюкова, В.Р. Интегральная оценка экологической ситуации городов России / Битюкова В.Р. // Региональные исследования. - 2014. - № 4 (46). - С. 49-57.
28. Богатов В.В., Федоровский А.С. Основы речной гидрологии и гидробиологии / В.В. Богатов – Владивосток: Дальнаука, 2017. – 384 с.
29. Болгов, М. В. Современные проблемы водных ресурсов и водообеспечения / М. В. Болгов, В. М. Мишон, Н. И. Сенцова - М.: Наука, 2005. - 318 с.
30. Болгов, М.В. Экстремальное наводнение в бассейне Амура в 2013 году: анализ формирования, оценки и рекомендации / М.В. Болгов [и др.] // География и природные ресурсы. - 2015,. - № 3. - С. 17-26.
31. Бортин Н.Н. Социально-экологические водные проблемы юга Дальнего Востока и программно-целевой подход к их решению: автореф. дис. .. д-ра геогр. наук. Екатеринбург. 2001. 46 с.
32. Бортин, Н. Н. Оценка состояния водной среды бассейна р. Амур (качественный состав и загрязнение поверхностных вод) / Н. Н. Бортин, В.М. Милаев // Вод. хоз-во России. - 2003. - Т. 5, № 2. - С. 93-102.
33. Бортин, Н.Н. Трансграничные проблемы в бассейне р. Амур / Н. Н. Бортин, В.М. Милаев // Водное хозяйство России. – 2005. – Т. 7. – № 5. – с.522 – 531.

34. Бортин, Н.Н. Водно-ресурсный потенциал и водообеспеченность субъектов Российской Федерации, хозяйствующих на территории Амурского бассейна / Н.Н. Бортин, А.М. Горчаков // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 6. - С. 96-107.

35. Бортин, Н. Н. Водно-ресурсный потенциал юга Дальнего Востока и его отраслевое использование / Н. Н. Бортин, А. М. Горчаков, В. М. Милаев // Проблемы мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке России. - Владивосток, 2011. - Вып. 17. - С. 145-154.

36. Бортин, Н.Н. Оценка экологического состояния и ключевые водохозяйственные проблемы российской части бассейна реки Амур / Н.Н. Бортин, А.А. Белевцов, А.М. Горчаков // Водное хозяйство России. - 2014. - № 5. - С. 48-60.

37. Винокуров, Ю.И. Бассейновый подход к обеспечению устойчивого развития трансграничных территорий / Ю.И. Винокуров, Б.А. Краснаярова // Международное сотрудничество стран Северо-Восточной Азии: проблемы и перспективы: сб. докл. конф. - Чита: Экспресс-издательство, 2010. - С. 70-77.

38. Водные ресурсы и качество вод: состояние и проблемы управления: монография / отв. ред. В.И. Данилов-Данильян, В.Г. Пряжинская. - М.: ИВП, 2010. - 414 с.

39. Водно-экологические проблемы бассейна р. Амур / Под ред. А. Н. Махинова. – Владивосток: изд-во ДВО РАН, 2003. – 187 с.

40. Воронов, Б.А. Экокризис в бассейне Амура: масштабы загрязнения реки несут реальную угрозу морским биоресурсам / Б.А. Воронов // Сибирь и Восток России. Новосибирск: изд. Редакция журнала «Сибирь и Восток России», № 1-2, 2005. С. 61-70.

41. Воронов, Б.А. Состояние экосистем бассейна реки Амур / Б.А. Воронов // Водные ресурсы суши в условиях изменяющегося климата. - СПб.: Наука, 2007. -С. 174-181.

42. Воронов, Б.А. Современное состояние водных ресурсов Дальнего Востока и их антропогенное преобразование / Б.А. Воронов, А.Н. Махинов //

100летие Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг.: матер. Всеросс. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. – С. 54–63.

43. Воронов, Б.А. Природные предпосылки экологических преобразований в Приамурье / Б.А. Воронов // Регионы нового освоения: Естественные сукцессии и антропогенная трансформация природных комплексов: сб. конф. с межд. уч. - Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2017. С. 3 (электронное издание).

44. Воропаев, Г.В. Физико-географические основы формирования водохозяйственных балансов: монография / Г.В. Воропаев, В.Б. Местечкин. - М.: Наука, 1981. - 131 с.

45. Воропаев, Г.В. Развитие водохозяйственных систем. Методы анализа и оценки эффективности их функционирования / Г.В. Воропаев, Г.Х. Исмайылов, В.М. Федоров - М.: Наука, 1989. – 295 с.

46. Выркин, В.Б. Современное состояние природы и экологические проблемы среднего Приононья / В.Б. Выркин [и др.] // География и природные ресурсы. – 2014 - № 1. -С. 25-35.

47. Ганзей, С.С. Географический анализ трансграничных территорий при разработке программ устойчивого природопользования международных речных бассейнов (на примере бассейна р. Амур) / С.С. Ганзей // Вестн. ДВО РАН. - 2003. - № 5. - С.120-130.

48. Ганзей, С.С. Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и Северо-Востока КНР: монография / С.С. Ганзей. - Владивосток: Дальнаука, 2004. - 231 с.;

49. Ганзей, С. С. Геоэкологические исследования международных трансграничных территорий юга Дальнего Востока России / С.С. Ганзей // Вестн. ДВО РАН. – 2004. – № 6. – С. 82–91.

50. Ганзей, С. С. Трансграничные градиенты юга Дальнего Востока России и провинции Хэйлунцзян КНР / С.С. Ганзей // Региональная экология. – 2005. – № 3–4. – С. 74–80.

51. Ганзей, С.С. Методические подходы а анализу структуры землепользования и хозяйственной трансформации геосистем в пределах российско-китайских трансграничных территорий / С.С. Ганзей // Проблемы устойчивого использования трансграничных территорий: мат. межд. конф. - Владивосток: ООО «Мега-Принт». - 2006. - С. 17-20.

52. Ганзей, С.С. Современное использование земель в бассейне Амура / С.С. Ганзей, В.В. Ермошин, Н.В. Мишина, Т. Шираива // География и природные ресурсы. - 2007. - № 2. - С.17-25.

53. Ганзей, С.С. Динамика использования земель в бассейне Амура в XX веке / С.С. Ганзей, В.В. Ермошин, Н.В. Мишина // География и природные ресурсы. - 2010. - № 1. - С. 30-38.

54. Гармаев, Е.Ж. К разработке основ гидроэкологической безопасности бассейна трансграничной рпеки Селенга / Е.Ж. Гармаев, Д. Доржготов // Вестник Бурятского университета. - 2012. - Вып. 4: Биология. География. - С. 41-44.

55. Гарцман, И.Н. Некоторые проблемы системного подхода в гидрометеорологии / И.Н. Гарцман // Проблемы анализа гидрометеорологических систем. Труды ДВНИГМИ. - Вып. 54. - Л.: Гидрометеониздат. - 1976. - С. 3-46.

56. География природных ресурсов и природопользования Амурской области: Учебное пособие. - Благовещенск: Изд-во «Зея», 2003. - 213 с.

57. Глушаков, П.И. Маньчжурия. Экономико-географическое описание / П.И. Глушаков. - М.: ОГИЗ. - 1948. – 211 с.

58. Говорушко, С. М. Трансграничное водопользование в бассейне р. Амур / С. М. Говорушко, Л. В. Горбатенко // Вестн. ДВО РАН. – 2013. – № 2. – С. 74–83.

59. Годовой отчет ОАО «Амурметалл» за 2009 год. Комсомольск-на-Амуре. 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа (http://www.amurmetal.ru/images/files/god_otchet_2009.pdf). (Дата обращения 30.12.2017).

60. Горбатенко, Л.В. Современное состояние и динамика водопользования на китайской части бассейна р. Амур / Л. В. Горбатенко // Реки Сибири и Дальнего Востока: мат. VIII межд. науч.-практ. конф. - Иркутск: ИРОО "Байкальская Экологическая Волна". 2013. - С. 127-130.
61. Горбатенко, Л.В. Устойчивое сельскохозяйственное водопользование в бассейне реки Амур / Л. В. Горбатенко // Структурные трансформации в геосистемах Северо-Восточной Азии: мат. Всеросс. науч.-практ. конф. - Владивосток: Дальнаука, 2015. - С. 175-179.
62. Горбатенко, Л.В. Водопользование в трансграничном бассейне реки Амур / Л. В. Горбатенко // География и природные ресурсы. – 2016а. - № 2. - С.27-35
63. Горбатенко, Л.В. Возможность прогноза водопотребления на китайской части трансграничного бассейна р. Амур / Л. В. Горбатенко // Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем: мат. VIII межд. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2016б. – С. 117-122.
64. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2007 году». – М.: НИА-Природа, 2008. – 408 с.
65. Готванский, В. И. Бассейн Амура: осваивая – сохранить / В. И. Готванский. Издание второе (дополненное и переработанное). - Хабаровск: ООО «Архипелаго Файл Принт», 2007. – 200 с.
66. Грин, А.М. Геоэкологический анализ / А.М. Грин, Н.Н. Ключев, Мухина // Изв. РАН. Сер. Геогр. – 1995. - № 1. - С. 21-30.
67. Дальний Восток России: Экономический потенциал: монография. - Владивосток: Дальнаука. - 1999.- 593 с.
68. Данилов-Данильян, В.И. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. - М.: Наука, 2006. 221 с.

69. Данилов-Данильян, В.И.. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России: монография / В.И. Данилов-Данильян. - М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. – 88 с.

70. Данилов-Данильян, В.И. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования: монография / В.И. Данилов-Данильян, И.Л. Хранович. - М.: Научный мир, 2010. - 232 с.

71. Дебелая, И.Д. Геоэкологический анализ – эффективный метод оценки экологического состояния территории в районах добычи минерального сырья / И.Д. Дебелая, Е.А. Кочережко // Вестник ТОГУ. – 2009. - № 2 (15). – С. 103-110.

72. Демин, А. П. Современные проблемы водообеспечения сельского хозяйства России / А. П. Демин // Природообустройство. – 2008. – № 2. – С. 37–44.

73. Демин, А.П. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России: современные и перспективные оценки / А. П. Демин // Водное хозяйство России. – 2010. - №4. - С. 11-26,

74. Демин, А.П. Водохозяйственный комплекс России: понятие, состояние, проблемы / А. П. Демин // Водные ресурсы. - 2010а. - Т. 37. - № 5. - С. 617-632.

75. Демин, А.П. Изменение водоемкости экономики России / А. П. Демин // Водные ресурсы. - 2010б. - Т. 37. - № 6. – С. 739-751.

76. Демин, А.П. Современная водоемкость экономик стран мира / А. П. Демин // Известия РАН. Серия географическая. - 2012. - № 5. - С. 71-81.

77. Демин, А.П. Проблема распределения водных ресурсов трансграничной реки Нил / А. П. Демин // География и природные ресурсы. - 2015. - № 2. - С. 188–196.

78. Дмитриева Г.Н. Негативные последствия строительства Зейского гидроузла. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://cyberleninka.ru/article/n/negativnye-posledstviya-stroitelstva-zeyskogo-gidrouzla>.

79. Доработка проекта СКИОВО по бассейну реки Амур. Книга 7. Сводный том СКИОВО р. Амур. Этап 6». Отчет ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург. 2013. 378 с. [Электронный ресурс]. - <http://www.amurbvu.ru/deyatelnost/skiovo/576-skiovo-po-basseynu-reki-amur.html>. (Дата обращения 24.03.2014).

80. Дугина И. О. К вопросу об увеличении мутности Амура у Хабаровска летом 1998 года / Дугина И. О. // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы: мат. межд. науч. конф. — Хабаровск: Изд-во Ин-та водных и экологических проблем ДВО РАН, 1999. — Ч. 1. — С. 28–30.

81. Дубина, В.А. Течения Охотского моря по спутниковым данным и результатам численного моделирования/ В.А. Дубина [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2012. - Т.9. - № 1. – С. 206-212.

82. Дударев, О.В. Особенности функционирования седиментационно-биогеохимических барьеров приустьевой области / О.В. Дударев // Состояние морских экосистем находящихся под влиянием стока реки Амур. - Владивосток: Дальнаука, 2009. - С. 146-171.

83. 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.

84. Егидарев, Е. Г. Картографирование и оценка пойменных комплексов в долине реки Амур / Е.Г. Егидарев // Вестник ДВО РАН. 2012. – № 2. – С. 9–16.

85. Ермошин, В.В. Ландшафтное картографирование российской части бассейна реки Амур / В.В. Ермошин, К.С. Ганзей // Вестник ДВО РАН. - 2012. - № 3. - С. 13-20.

86. Ермошин, В.В. Картографическое изучение почвенно-географических закономерностей бассейна Амура / В.В. Ермошин, Н.Ф. Пшеничникова // География и природные ресурсы. - 2009. - № 4. - С. 25-32.

87. Жабин, И.А. Влияние стока реки Амур на гидрологические условия Амурского лимана / И.А. Жабин, В.А. Дубина // Труды СахНИРО. - 2008. - Т. 10. - С. 190-200.

88. Жабин, И.А. Особенности структуры зоны смешения речных и морских вод вблизи устья реки Амур по данным спутниковых и гидрологических наблюдений / И.А. Жабин [и др.] // Исследование Земли из космоса. - 2017. - № 5. - С. 61-70.

89. Жерелина, И. В. Устойчивое водопользование: содержание понятия, базовые концепции / И. В. Жерелина // Механізм регулювання економіки. - 2008. - № 3. - С. 103–104.

90. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского БВУ за 2004 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2005. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

91. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского БВУ за 2010 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

92. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского БВУ за 2011 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

93. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны

деятельности Амурского БВУ за 2012 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

94. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского БВУ за 2013 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

95. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского БВУ за 2014 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

96. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского БВУ за 2015 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

97. Информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского БВУ за 2016 год. Амурское бассейновое водное управление. Хабаровск. 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

98. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 2-2015. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. Москва. Росстандарт. Бюро НДТ. 2015а. [Электронный ресурс]. www.burondt.ru/. (Дата обращения 22.07.2016).

99. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 1-2015. Производство целлюлозы. Москва.

Росстандарт. Бюро НДТ. 2015б. [Электронный ресурс]. www.burondt.ru/. (Дата обращения 22.08.2016).

100. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 20-2016. Промышленные системы охлаждения. Москва: Бюро НДТ. 2016. [Электронный ресурс]. <http://www.gost.ru/>. (Дата обращения 14.03.2017).

101. Исаченко, А.Г. Оптимизация природной среды: монография / А.Г. Исаченко - М.: Мысль, 1980. - 264 с.

102. Исаченко, А.Г. Введение в экологическую географию / А. Г. Исаченко - СПб.: Издат. дом СПбГУ, 2003. - 192 с.

103. Исаченко, А.Г. Теория и методология географической науки: учеб. для студ. вузов / А. Г. Исаченко - М.: Издательский центр «Академия», 2004. 400 с.

104. Итоговый отчет о проведении совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2010 году. Федеральное Агентство водных ресурсов РФ. - 104 с. – Фонды библиотеки ФГБУ Дальневосточное УГМС.

105. Итоговый отчет о проведении совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2011 году. Федеральное Агентство водных ресурсов РФ. - 150 с. – Фонды библиотеки ФГБУ Дальневосточное УГМС.

106. Итоговый отчет о проведении совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2013 году. Федеральное Агентство водных ресурсов РФ. - 129 с. – Фонды библиотеки ФГБУ Дальневосточное УГМС.

107. Каракин, В. П. Земельные ресурсы бассейна реки Амур / В. П. Каракин, А. С. Шейнгауз // Вестн. ДВО РАН. – 2004. – № 4. – С. 23–38.

108. Качур, А.Н. Эколого-геохимические проблемы сухопутных и прибрежно-морских ландшафтов береговой зоны российской части бассейна

Японского моря / А.Н. Качур, И.И. Кондратьев, Л.В. Перепелятников // Вестник ДВО РАН. - 2001.- № 5. - С. 53-71.

109. Комаров, В.Л. Манчжурская экспедиция 1896 года / В.Л. Комаров // Изв. ИРГО. 1898. – Т. 34. - вып. 2. С. 17-26.

110. Комплексная эколого-экономическая оценка развития гидроэнергетики бассейна реки Амур. WWF России, En+ Group. – Москва. - 2015. - 279 с.

111. Кондратьева, Л.М. Вопросы экологической безопасности в Приамурье: выбор приоритетов / Л.М. Кондратьева // Вестник ДВО РАН. 2-005. - № 5. - С. 149-161.

112. Кондратьева, Л.М. Микробиологическая оценка современного состояния экосистем р. Амур / Л.М. Кондратьева // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы: сб. тр. конф. - Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 1999. - Ч. 2. - С.75-787.

113. Кондратьева, Л.М. Микробиологическая оценка экологического риска трансграничного загрязнения р. Амур / Л.М. Кондратьева, Л.А. Гаретова, Л.М. Чухлебowa // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: сб. тр. конф. - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С.332-335.

114. Кондратьева, Л.М. Влияние крупных притоков на формирование качества воды в реке Амур // Факторы формирования качества воды на нижнем Амуре: монография /под ред. Л.М. Кондратьевой. Владивосток: Дальнаука. - 2008. – 126 с.

115. Кондратьева, Л.М. Микробиологическая оценка качества воды в реках Амур и Сунгари после техногенной аварии в Китае в 2005 г. / Л.М. Кондратьева, Н.К. Фишер, Н.В. Бердников // Водные ресурсы. - 2009. - Т. 36. - № 5. - С. 575-587.

116. Кондратьева, Л.М. Влияние ионов тяжелых металлов на структуру бактериобентоса из различных местообитаний в р. Амур / Л.М. Кондратьева,

Н.Н. Шунькова, Д.В. Андреева // Чтения памяти В.Я. Леванидова: сб. мат. конф. - 2011. - Вып. 5. - С. 239-246.

117. Кондратьева, Л.М. Влияние крупных притоков на биогеохимические процессы в реке Амур / Л.М. Кондратьева, Д.В. Андреева, Е.М. Голубева // География и природные ресурсы. - 2013. - № 2. - С. 36-43.

118. Коронкевич, Н.И. Природные и антропогенные факторы в динамике водопотребления СССР / Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева // Изв. АН СССР. Серия географическая. – 1990. - № 4. - С.51-60.

119. Коронкевич, Н.И. Негативные гидроэкологические ситуации / Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева, Л.М. Китаев // Изв. АН СССР. Серия географическая. - 1995. - № 1. - С. 43-53.

120. Коронкевич, Н.И. Структурные изменения в водном балансе Русской равнины / Н.И. Коронкевич // Водные ресурсы. - 1996. - Т. 23. - № 2. - С 133-139.

121. Коронкевич, Н.И. Современные антропогенные воздействия на водные ресурсы / Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева, С.В. Долгов, С.С. Ясинский // Изв. АН СССР. Серия географическая. – 1998. - № 5. - С. 55-68

122. Коротный, Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании: монография / Отв. ред. В.А. Снытко. - Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. – 161 с.

123. Коротный, Л. М. Международные речные и озерные бассейны Азии: конфликты, пути сотрудничества / Л. М. Коротный, И. В. Жерелина // География и природ. ресурсы. - 2010. - № 2. - С. 11–19.

124. Кочуров, Б.И. Развитие геоэкологических терминов и понятий / Кочуров Б.И. // Проблемы региональной экологии. - 2000. - № 3. - С. 5-10.

125. Красноярова, Б. А. Трансформационные процессы в условиях трансграничности: теория и практика проявления / Б. А. Красноярова // Географические факторы регионального развития Азиатской России: мат. науч.-практ. конф. - Владивосток: Дальнаука, 2013. - С. 54-57.

126. Крюков, В.Г. Река Амур: проблемы и пути их решения: результаты деятельности координационного Комитета по устойчивому развитию бассейна р. Амур / В.Г. Крюков [и др.]. - Хабаровск: ФГУП «Дальневосточное аэрогеодезическое предприятие». - 2005. - 154 с.

127. Левшина, С.И. Распределение общего и органического углерода в речных водах бассейна верхнего Амура / С.И. Левшина // Регионы нового освоения: теоретические и практические вопросы изучения и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия: сб. докладов конф. с межд. участием. [Электронный ресурс] - Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2012. - 390 с.

128. Лызова, А.В. Влияние трансграничного загрязнения р. Амур на водные биологические ресурсы / А.В. Лызова // Изв. ТИНРО. – 2007. - Том 148. - С. 262-274.

129. Мандыч, А.Ф. Амур трансграничный: на пути из прошлого в будущее / А.Ф. Мандыч, В.И. Ким, П.В. Новороцкий // Устойчивое развитие: проблемы и перспективы. Вып. 4. Рациональное природопользование: международные программы, российский и зарубежный опыт. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – С. 312-341.

130. Мандыч, А.Ф. Факторы современных и будущих преобразований реки Амур и связанных с ним экосистем / А.Ф. Мандыч // Материалы XIV Совещания географов Сибири и Дальнего Востока. - Владивосток: Дальнаука, 2011. - С. 35 – 38.

131. Мандыч, А.Ф. Современные предпосылки будущего реки Амур / А.Ф. Мандыч // Реки Сибири и Дальнего Востока: сб. докладов VII межд. конф. - Хабаровск. - 2012а. - С. 136 – 139.

132. Мандыч, А.Ф., Современные предпосылки будущего реки Амур / А.Ф. Мандыч // Электроэнергетическое сотрудничество Российской Федерации и Китайской Народной Республики: плюсы и минусы: сб. статей. - Владивосток: Всемирный фонд дикой природы (WWF) России, Международная Коалиция «Реки без Границ», 2012б г. - С. 8-12.

133. Махинов, А. Н. Экологические проблемы трансграничных воздействий в бассейне Амура / А. Н. Махинов // География и экология в школе XXI века. – 2007. – № 8. – С. 10–15.

1343. Махинов, А. Н. Трансграничные экологические проблемы в среднем и нижнем течениях реки Амур / Махинов А. Н. // Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии: мат. науч.-практ. конф. – Чита: Экспресс-издательство, 2010. – С. 67–72.

135. Место России и Монголии в современной региональной конфигурации : сб. докл. / под ред. А. В. Глазовой; Рос. ин-т стратег. исслед. – М. : РИСИ, 2012. – 80 с.

136. Мильков, Ф.Н. Геоэкология и экогеография, их содержание и перспективы развития / Мильков Ф.Н. // Изв. РАН. Серия географическая. – 1976. - № 3. - С. 31-40.

137. Молотов, В.С. Новые подходы к трансграничному диагностическому анализу системы природопользования в бассейне оз. Байкал / В.С. Молотов [и др.] // Вестн. Бурятского Университета. – 2014. - № 1. - С. 8-18.

138. Мошков, А.В. Структурные изменения в региональных территориально-отраслевых системах промышленности российского Дальнего Востока / А.В. Мошков - Владивосток: Дальнаук., 2008.- 276 с.

139. Мурзаев, Э.М. Северо-Восточный Китай. Физико-географическое описание / Э.М. Мурзаев - М.: изд-во АН СССР. - 1955. – 250 с.

140. Наврузов, С.Т. Управление водными ресурсами трансграничных рек : на примере Центральной Азии : дисс. ... доктора технических наук: 25.00.27 - Москва, 2008. - 329 с.

141. Народное хозяйство РСФСР в 1979 году. Статистический ежегодник. - М.: Статистика. - 1980. - 391 с.

142. Никаноров, А.М. Антропогенная трансформация экологического состояния и транспорт загрязняющих веществ по длине реки Амур / А.М. Никаноров [и др.] // Водное хозяйство России. - № 5. - 2013. - С.15-26.

143. Никольская, В.В. О совместных исследованиях китайских и советских географов в бассейне Амура / В.В. Никольская, В.П. Чичагов // Изв. АН СССР. Серия географическая. - 1957. - № 2. – С. 166-168.

144. Никольская, В.В. Морфоскульптура бассейна Амура: монография / В.В. Никольская. - М.: Наука, 1972. - 294 с.

145. Новомодный, Г.В. Рыбы Амура: богатство и кризис / Г.В. Новомодный, С.Ф. Золотухин., П.О. Шаров. - Владивосток: АВК «Апельсин», 2005. – 63 с.;

146. Комплексная эколого-экономическая оценка развития гидроэнергетики бассейна реки Амур. WWF России, En+ Group. - Москва. - 2015. - 279 с.

147. Новороцкий, П.В. Колебания стока Амура за последние 110 лет / П.В. Новороцкий // География и природные ресурсы. - 2007. - № 4. - С. 86-90.

148. Новороцкий, П.В. Многолетние флуктуации стока р. Сунгари / П.В. Новороцкий // Известия Иркутского университета. Серия «Науки о Земле». - 2009. - Том 1. - № 1. - С. 113–126.

149. Осодоев П.В., Михеева А.С., Цыбекмитова Г.Ц. Эколого-географические проблемы природопользования трансграничных бассейнов рек Азиатской части России: р. Селенга (Россия-Монголия), р. Аргунь (Россия-Китай) // [Электронный ресурс] / П. В. Осодоев, А. С. Михеева, Г. Ц. Цыбекмитова // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 5. - С. 1-8. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/5/678.pdf>.

150. Отчет о выполнении работ по теме «Разработка проекта нормативов допустимого воздействия по бассейну реки Амур (российская часть): для участков: река Амур от г. Хабаровска до устья (Хабаровский край); протока Амурская от 39 км до устья (Хабаровский край)». Сводный

том (I и II этапы). ДальНИИВХ. Владивосток. 2010. 420 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amurbvu.ru/>.

151. Охрана окружающей среды в РСФСР в 1983 году. ДСП. - М.: ЦСУ РСФСР, 1984. - 77 с.

152. Охрана окружающей среды в Российской Федерации в 1992 году: стат. сб. ДСП / Госкомстат России. - М.: Республиканский информационно-издательский центр, 1993. - 174 с.

153. Охрана окружающей среды в Хабаровском крае за 1976-79 годы: стат. сб. ДСП. ЦСУ РСФСР, Стат. управление Хабаровского края. - Хабаровск: СКМР ВЦ Хабаровского статуправления, 1980. - 79 с.

154. Охрана окружающей среды в Хабаровском крае в 1985 году: стат. сб. ДСП. ЦСУ РСФСР, Стат. управление Хабаровского края. - Хабаровск: СКМР ВЦ Хабаровского статуправления. - 1986. - 83 с.

155. Охрана окружающей среды в Хабаровском крае в 1990 году: стат. сб. ДСП. ЦСУ РСФСР, Статистическое управление Хабаровского края. - Хабаровск: СКМР ВЦ Хабаровского статуправления, 1991. - 74 с.

156. Оценка воздействия на природную окружающую среду строительства БАМ и освоения ее зоны. ДСП. - М.: ПИК ВИНТИ, 1982. - 231 с.

157. Оценка влияния хозяйства на природу. Воздействие-изменение-последствия: Международная монография. Т. 1. Брно: Типография Института географии ЧСАН. - 1985. - 377 с.

158. Очерки физической географии Монголии: монография. - Улаанбаатар: Бэмби сан. 2006. - 550 с.

159. Оюунгэрэл, Б. Эколого-географические предпосылки организации трансграничных ООПТ в бассейне р. Онона и их значимость для сохранения экологической стабильности Приамурья / Б. Оюунгэрэл // Проблемы устойчивого использования трансграничных территорий: мат. межд. конф. - Владивосток: ООО «Мега-Принт». 2006. - С. 167-168.

160. Пищальник, В.М. О циркуляции вод в Татарском проливе / В.М. Пищальник., В.С. Архипкин, А.В. Леонов // Водные ресурсы. – 2010. - Том 37. - № 6. - С. 657-670.

161. Платонова, С.Г. Эколого-геоморфологические особенности трансграничного взаимодействия в бассейне реки Иртыш / С.Г. Платонова, В.В. Скипко // Мир науки, культуры, образования. - 2012. - № 5 (36). - С. 320-325.

162. Плиткин, Г.А. Ресурсы речного стока административных единиц Дальнего Востока, их пространственные изменения и многолетние колебания / Г.А. Плиткин // Материалы научной конференции по проблемам гидрологии рек зоны БАМ и Дальнего Востока. - Л.: Гидрометеиздат. - 1986. - С.93-100.

163. Плиткин, Г.А. Методика и результаты оценки водных ресурсов и водообеспеченности административных территорий за внутригодовые интервалы времени характерных по водности лет на примере Дальнего Востока / Г.А. Плиткин, Т.Н. Рябчикова // Труды ДВНИГМИ, Вып. 142. Гидрологические исследования. - Л.: Гидрометеиздат. - 1989. - С.150-155.

164. Плюснин, В.М. Водно-экологические проблемы среднего Приононья / В.М. Плюснин [и др.] // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова: мат. науч. конф. - 2014. - Вып. 6. - С. 523-528.

165. Погадаев, Г.И. Сезонное распределение органических веществ в водах рек Амурского бассейна / Г.И. Погадаев // Вопросы географии Дальнего Востока. Сб. 13. Природные воды Дальнего Востока. - Владивосток: полиграф. комбинат Приморского крайисполкома. - 1973. - С. 100-105.

166. Подольский, С.А. Куда течет Амур? / С.А. Подольский, Е.А. Симонов, Ю.А. Дарман. - Владивосток: Всемирный фонд дикой природы. - 2006. - 62 с.

167. Пономарева, Т.Г. Распределение стока воды р. Амура по фарватерам устья / Т.Г. Пономарева, Т.Н. Рябчикова, В.Б. Козловский // Тр. ДВНИИ. - 1982. - Вып. 105. - С. 57–59.
168. Посевные площади сельскохозяйственных культур Приморского края. 2012: стат. сб. – Владивосток: изд-во Приморскстат, - 2012. - 60 с.
169. Посевные площади сельскохозяйственных культур Приморского края. 2015: стат. сб. – Владивосток: изд-во Приморскстат, - 2015. - 106 с.
170. Преображенский, В.С. Суть и формы проявления геоэкологических представлений в отечественной науке / В.С. Преображенский // Изв. РАН. Серия географическая. – 1992. - № 4. - С.5-11.
171. Приграничные и трансграничные территории Азиатской России и сопредельных стран (проблемы и предпосылки устойчивого развития монография /Отв. редакторы П.Я. Бакланов, А.К. Тулохонов. - Новосибирск: Изд-во СО РАН.- 2010. - 610 с.
172. Проблемы рисосеяния Российского Дальнего Востока. - Владивосток: Изд-во Дальневост. Ун-та, 1999. - 192 с.
173. Программа устойчивого землепользования и рационального распределения земель в бассейне реки Уссури и сопредельных территориях (Северо-Восточный Китай и российский Дальний Восток. - Birlington, USAID, - 1996. - 115 с.
174. Промышленное производство в Еврейской автономной области: стат. сб. - Еврстат. Биробиджан, 2012а - 96 стр.
175. Промышленное производство в Хабаровском крае: стат.сб. - Хабаровскстат –Хабаровск, 2012б. – 84 с.
176. Промышленное производство Приморского края 2012: стат. сб. – Владивосток: изд-во Приморскстат, 2013. – 96 с.
177. Пузанов, А.В. Воздействие сосредоточенных и рассредоточенных источников на состояние подземных и поверхностных вод / А.В. Пузанов [и др.] // Современное состояние водных ресурсов и функционирование

водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / отв. ред.: Ю.И. Винокуров и др. - Новосибирск: Изд-во СО РАН. - 2012. - С. 38-45.

178. Радомский, С.М. Основные физико-химические параметры состояния поверхностных вод верхнего Амура / С.М. Радомский // Водные ресурсы. - 2007. - Том 34. - № 1. - С.68-77.

179. Рапопорт, В.Л. Загрязнение реки Амур антропогенными и природными органическими веществами / В.Л. Рапопорт, Л.М. Кондратьева // Сибирский экологический журнал. - 2008. - Т. 15. - № 3. - С. 485-496.

180. Раткович, Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения / Д.Я.Раткович. - М.: Наука, 2003. - 352 с.

181. Раткович, Л.Д. Водохозяйственные баланс реки Иртыш в пределах Республики Казахстан с учетом проектных мероприятий в Китайской народной Республике / Л.Д. Раткович, Ю.А. Романова // Природообустройство. – 2014. - № 2. - С. 75-79.

182. Регионы России. Стат. сборник. В 2 т. Т.2. - М.: Госкомстат России. - 2001. - 879 с. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: Стат. Сборник. Росстат. - М.: Статистика России.- 2010.- 990 с.

183. Редковская, З.П. Степень загрязнения поверхностных вод бассейна оз. Ханка во второй половине 80-х годов / З.П. Редковская, Г.Н. Толстоногова // Труды ДВНИГМИ. Вып. 137. Гидрологические исследования. - Санкт-Петербург: Гидрометеиздат. - 1992. - С. 204-214.

184. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 1. Амур/ Под ред. С. Д. Шабалина. — Л.: Гидрометеиздат, 1966а. - 487 с.

185. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.18. Дальний Восток. Вып. 1. Верхний и Средний Амур. Л.: Гидрометеиздат, - 1966б. - 352 с..

186. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 18. Выпуск 2. Нижний Амур. Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 592 с.

187. Рождественский, А.В. Статистические методы в гидрологии: монография / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
188. Российский статистический ежегодник. 1994: стат. сб. Госкомстат России. - М.: Первая образцовая типография. - 1995. - 799 с.
189. Российский статистический ежегодник. 2008: стат. сб. Росстат. - М.: Статистика России. - 2009. - 847 с.
190. Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в трансграничных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов. 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.inbo-news.org/IMG/pdf/inbo_handbook2_rus.pdf. (Дата обращения 15.03.015).
191. Рунова, Т.Г. Территориальная организация природопользования: монография / Т.Г. Рунова, Т.Г. Нефедова, И.Н. Волкова. - М.: Наука, 1993. - 203 с.
192. Рыбаковский, Л.Л. Население Дальнего Востока за 150 лет / Л.Л. Рыбаковский. - М.: Наука.- 1990. - 138 с.
193. Рыбкина, И.Д. Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) / И.Д. Рыбкина, Н.В. Стоящева, Н.Ю. Курепина // Водное хозяйство России. - 2011. - № 4. - С. 42-52.
194. Сайт Бюро статистики КНР. [Электронный ресурс]. Режим доступа www.stats.gov.cn. (Дата обращения 17.03.17). На английском языке.
195. Сайт Всемирного фонда дикой природы. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://wwf.ru/>. Дата обращения 14.07.2016.
196. Сайт Всероссийского НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных ВНИГМИ МЦД. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://meteo.ru/>. (Дата обращения 15.09.2014).
197. Сайт Министерства окружающей среды КНР. [Электронный ресурс]. Режим доступа www.mep.gov.cn. (Дата обращения 15.02.17). На английском языке.

198. Сайт Национального центра климатических данных Управления океанических и атмосферных исследований Министерства торговли США. Электронный ресурс.. <ftp.ncdc.noaa.gov>. (Дата обращения 12.04.2006). На английском языке.

199. Сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.gks.ru/>. (Дата обращения 13.01.2017).

200. Сельское хозяйство Приморского края. 2013: стат. сб. – Владивосток: изд-во Приморскстат. - 2013. - 91 с.

201. Семенов, Ю.М. Геосистемы и комплексная физическая география / Ю.М. Семенов, Е.Г. Суворов // География и природ. ресурсы. - 2007. - № 3. - С. 11-19.

202. Семенов, Ю.М. Ландшафтно-географическое обеспечение экологической политики природопользования в регионах Сибири / Ю.М. Семенов // География и природные ресурсы. - 2014. - № 3. - С. 16–21.

203. Сивохип, Ж.Т. Анализ эколого-гидрологической специфики трансграничного бассейна р. Урал в связи с регулированием стока / Ж.Т. Сивохип // Вестник ВГУ. Серия: география. Геоэкология. - 2014. - № 3. - С. 87-94.

204. Сивохип, Ж.Т. Эколого-гидрологические проблемы трансграничного бассейна реки Урал и перспективы институционального сотрудничества / Ж.Т. Сивохип, А.А. Чибилев // География и природные ресурсы. - 2014. - № 1.- С.38-44.

205. Сивохип, Ж.Т. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне реки Урал / Ж.Т. Сивохип [и др.] // Водные ресурсы. - 2017. - Том 44. - № 4. - С. 504-516.

206. Соловьев, И.А. Амуро-лиманский русловой процесс и водные пути / И.А. Соловьев Владивосток: Прим. полиграф. комбинат. - 1995. - 270 с.

207. Сорокин, А.П. Эволюция бассейна Амура в мезозое–кайнозое и ее отражение в современной динамике рельефа / Сорокин А.П. [и др.] // Вестник ДВО РАН. - 2010. - № 3. - С. 72-80.

208. Состояние морских экосистем находящихся под влиянием стока реки Амур: монография. - Владивосток: Дальнаука, 2009. - С. 95-110.

209. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. - Новосибирск: Наука, 1978. - 18 с.

2108. Стоящева, Н.В. Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию и водные объекты трансграничного бассейна р. Иртыш / Н.В. Стоящева, И.Д. Рыбкина // Ползуновский вестник. - 2011. - № 4.- С. 98–102.

211. Стробыкина, А.А. Особенности гидрологических процессов в Амурском лимане / Стробыкина А.А. [и др.] // Водные ресурсы. - 2016. - Т. 43. - № 4. - С. 347.

212. Сун Кайшань. Классификация типов земной поверхности бассейна реки Амур по данным временных серий MODIS / Сун Кайшань. // География и природные ресурсы. - 2011. - N 1. - С. 13-20.

213. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Амур. Том 3. Книга 1. Использование водных ресурсов и водохозяйственные балансы. ЗАО ПО «Совинтервод». – М., 2007. – 115 с.

214. Трансграничный диагностический анализ бассейна реки Днепр. Программа экологического оздоровления бассейна реки Днепр. – Минск. - 2003. - 217 с.

215. Трансграничное диагностическое исследование бассейна р. Днестр. Проект ОБСЕ/ЕЭК ООН: Трансграничное сотрудничество и устойчивое управление бассейном реки Днестр. 2005. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www.osce.org/ru/ukraine/104060?download=true>. (Дата обращения 16.01.2016).

216. Трансграничный диагностический анализ бассейна озера Байкал-GEF/NOPS. 2013. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://baikaliwlearn.org>. (Дата обращения 16.01.2016).

217. Труфанов, А.И. О миграции железа и микроэлементов в природных водах Среднеамурской впадины / А.И. Труфанов, Э.Н. Коробий // Вопросы географии Дальнего Востока. Сб. 13. Природные воды Дальнего Востока. - Владивосток: Полиграф. комбинат Приморского крайисполкома. - 1973. - С.106-112.

218. Тур, А.С. Комплексное освоение земель под рис в Приморском крае / А.С. Тур, А.С. Корляков, В.С. Носовский. - Владивосток: изд-во ВНИИГиМ, 1985. - 108 с.

219. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности/Совет Экон. Взаимопомощи. ВНИИ водоснабжения и канализации, гидротехнических сооружений и инж. гидрогеологии. 2-е изд., перераб.- М.: Стройиздат, 1982. - 528 с.

220. Ульзетуева, И. Д. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна трансграничной реки Селенги (российская часть) / Ульзетуева И. Д. [и др.] // Вестник Бурятского государственного университета. - 2015. - № 4: Биология. География. - С. 68-75.

221. Факторы формирования качества воды на Нижнем Амуре / под ред. Л.М. Кондратьевой. - Владивосток: Дальнаука, 2008.- 217 с.

222. Фролова, Н.Л. Особенности водопользования в условиях дефицита водных ресурсов (на примере реки Ишим) / Н.Л. Фролова, В.В. Ивановская Водное хозяйство России. - 2015. - № 2. - С. 4-19.

223. Хрущев, А.Т. География промышленности СССР: Учеб. для геогр. спец. вузов / А.Т. Хрущев. – М.: Высш. шк., 1990. – 223 с.

224. Чалов, С.Р. Современная и прогнозная оценка стока воды и наносов рек бассейна Селенги / Чалов С.Р. [и др.] // География и природные ресурсы.- 2016.- № 5. - С 39-48.

225. Черногаева, Г.М. Баланс загрязняющих веществ в речных бассейнах некоторых фоновых районов СССР (Забайкалье, Белоруссия, Казахстан) / Черногаева Г.М. [и др.] // Мониторинг фонового состояния природных сред. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - Вып. 6. - С. 171-174.

226. Черногаева, Г.М. Качество поверхностных вод России, состояние и прогноз / Г.М. Черногаева, М. С. Зеленова, Н. О. Кулик // Использование и охрана природ. ресурсов в России. - 2004. - N 4. - С.34-37.

227. Черногаева Г.М., Журавлева Л. Р. Изменение состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации с 2006 по 2015 г. // Метеорология и гидрология, 2017. № 5. С.19-30.

228. Чечель А.П. Водные ресурсы и водно-ресурсные проблемы приграничных территорий в бассейне истоков верхнего Амура. // Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России-Китая-Монголии / Материалы научно-практической конференции. – Чита: «Экспресс-издательство», 2010а. С. 90-94.

229. Чечель А. П. Водно-ресурсный потенциал и проблемы гидроэкологической безопасности Верхнеамурского региона (Забайкальский край) // География и природные ресурсы. 2010б. - № 2. - С. 46-50.

230. Чудаева В.А., Шестеркин В.П., Чудаев О.В. Микроэлементы в водах бассейна р. Амур. // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов. Мат-лы третьей всероссийской конференции с международным участием. Баранул. 24-28 августа 2010 г. Барнаул: Изд-во АРТ, 2010. С.296-298.

231. Шаликовский, А.В. Трансграничные риски в бассейне Верхнего Амура / А.В. Шаликовский, А.В. Соколов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.wrm.ru/. (Дата обращения 15.08.2014).

232. Шевкунова, О.И. Биоиндикация загрязнения донных отложений Амурского лимана ароматическими углеводородами / О.И. Шевкунова, О.Ю. Стукова, Л.М. Кондратьева // Научно-техническое и экономическое

сотрудничество стран АТР в XXI веке: труды научно-практ. конф. с межд. участием. Т.3. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. - 2011. - С. 126-130,

233. Шестеркин, В.П. Зимний гидрохимический режим Амура / В.П. Шестеркин // Вестник ДВО РАН. - 2007.- № 4. - С. 35-43

234. Шестеркин, В.П. Изменение химического состава речных вод в Хабаровском водном узле за столетие / В.П. Шестеркин // Тихоокеанская геология. – 2010. - Том 29. - № 2. - С.112-118.

235. Шестеркин, В.П. О загрязнении вод Амура железом / В.П. Шестеркин // Реки Сибири и Дальнего Востока: сб. докл. VII межд. конф. - М.: WWF. - 2012.- С. 141-144.

236. Шестерки, В.П. Влияние торфяных пожаров на химический состав снежного покрова и поверхностных вод / В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина, Ю.А. Форина // География и природные ресурсы- 2009. - № 1. - С. 49–54.

237. Шестеркин, В.П. Трансграничное загрязнение Амура // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: мат. всерос. конф. с межд. участием / В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина. - Барнаул: Изд-во АРТ, 2010. - С. 308-311.

238. Шестеркин, В.П. Пространственная и сезонная изменчивость химического состава воды среднего Амура / В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина // Водное хозяйство России. - 2012. - № 5. - С. 18-28.

239. Шестеркин, В.П. Трансграничное загрязнение вод среднего Амура соединениями азота / В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина / Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: мат. конф. с межд. участием. - Ростов-на-Дону: ФГБУ ГХИ.- 2015. - С. 203 – 206.

240. Шикломанов, И.А. Мировые водные ресурсы / И.А. Шикломанов // Природа и ресурсы. - 1991. - Т. 27. - № 1-2. - С. 81-91.

241. Шикломанов, И.А. Проблемы водообеспечения и переброски речного стока в мире / И.А. Шикломанов, О.Л. Марков. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 294 с.

242. Шикломанов, И. А. Проблемы изучения формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности России / И.А. Шикломанов [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 1. – С. 23–32.
243. Шикломанов, И. А. Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки / И.А. Шикломанов, В.И. Бабкин, Ж.А. Балонишникова // Водные ресурсы. - 2011. – Т. 38. - № 2. – С. 131–141.
244. Шихалев, А.М. Регрессионный анализ. Парная линейная регрессия: учебное пособие / А.М. Шихалев. – Казань: Типография изд-ва Казан. ун-та, 2015. – 46 с.
245. Шулькин, В. М. Влияние стока р. Амур на биогеохимический цикл железа в Охотском море / В.М. Шулькин, И.А. Жабин, А.А. Абросимова // Океанология. – 2014. - том 54. - № 1. - С 44–51.
246. Шулькин, В.М. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ / В.М. Шулькин, Н.Н. Богданова, Л.В. Перепелятников // Водные ресурсы. – 2009. - том 36. - № 4. - С.428-439.
247. Южная часть Дальнего Востока / Отв. ред. И.П. Герасимов. - М.: Наука. 1969. - 419 с.
248. Юрьев, Д.Н. Динамика распределения органических и биогенных веществ во льду и воде Амура в связи с развитием ледовой флоры / Д.Н. Юрьев, Ю.М. Лебедев // Гляциохимические и криогенные гидрохимические процессы. - Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. - С.113-129.
249. Яковлева, Л.М. Территориальная оценка водноресурсного потенциала. Разноуровневый анализ / Л.М. Яковлева, Ю.Б. На Юн За. - Владивосток: Дальнаука.- 1999. - 121 с.
250. Якунин, Л.П. Распределение речного стока по фарватерам устья Амура / Л.П. Якунин // Тр. ДВНИГМИ. - Вып. 71. - 1978. - С. 162–168.
251. Altantsetseg B. et.al. Ecological Statement of Eastern Mongolian Speppe Zone (land use, pasture use and it's negative/positive impacts). Project

Report, Biodiversity Project of Eastern Mongolia, Ulaanbaatar. 2002. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.arguncrisis.ru/. (Дата обращения 15.03.2011).

252. Amur-Heilong River Basin Reader / Edited by Eugene A. Simonov, Thomas D. Dahmer. 2008. Hong Kong: Power Digital Printing Co, Ltd. P 426.

253. Badarch M.. The study on the impact of Onon and Kerlen rivers contamination on Amur/Heilong River basin // Integrated Management of the Amur/Heilong Basin. Proceedings of the meeting in Ulaanbaatar, Mongolia. 2006.

254. China Statistical Yearbook on Environment. China Statistics press. 2008. 248 p.

255. China Statistical Yearbook on Environment. China Statistics press. 2011. 248 p.

256. Climate warming and land use change in Heilongjiang Province, Northeast China. Gao, Jay; Liu, Yansui. Applied Geography vol. 31 issue 2 April, 2011. p. 476-482. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rard.org/uploads/2011/12/Climate-warming-and-land-use-change-in-Heilongjiang-Province-Northeast-China.pdf>

257. Dambaravjaa Oyunbaatar, Gombo Davaa, Dashzeveg Batkhui Luvsangombo Chuluun, Nyamaa Khishigjargal. Water Resources and Hydrology and Some Socio-economical and Environmental Aspects in the Kherlen River Basin // Proceedings of the 2nd International Meeting of Amur-Okhotsk Consortium. 2011. / Edited/published by Amur-Okhotsk Consortium, March 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://amurokhotsk.com/>

258. Environmental Change and the Social Response in the Amur River Basin/ Shigeko Haruyama, Takayuki Shiraiwa Editors/ Chapter 1. Amur Region of Russia – natural Resources, population and Economy. Petre Y. Baklanov and Anatoly V. Moshkov, p. 1-35. Springer Tokyo Heidelberg New York Dordrecht London, Springer Japan, 2015. p. 1-35. (262p.).

259. Eugene Simonov, Bart Wickel. Kherlen River the Lifeline of the Eastern Steppe. Towards Integrated River Basin Management of the Dauria Steppe

Transboundary River Basins by Rivers without Boundaries. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www.transrivers.org/pdf/20150503Kherlen%20RiverReport.pdf>

260. Heilongjiang statistical yearbook. Beijing: China Statistics press, 2010. 689 p.

261. H Munia, J H A Guillaume, N Mirumachi, M Porkka, Y Wada and M Kummu. Water stress in global transboundary river basins: significance of upstream water use on downstream stress. Environment. Research. Letters. 201, № 11. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/1/014002/pdf>. (Дата обращения 29.11.2017).

262. Inner Mongolia statistical yearbook. Beijing: China Statistics press, 2010. 798 p.

263. Jemes E.Nickim. Dam Lies and other Statistics: Taking the Measure of Irrigation in China, 1931-91. // East-West Centre Occasional Paper. Environmental Series. № 18. January 1995. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/>. (Дата обращения 23.10.2012).

264. Jian Xie and others. Addressing China's Water Scarcity. Recommendations for Selected Water Resource Management Issues. The World Bank. USA. Washington, 2009. P. 160. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://documents.worldbank.org/>.

265. Jilin statistical yearbook. Beijing: China Statistics press, 2010. 754 p.

266. Kachur A.N., Jin X., Baklanov P.Ya., Ganzei S.S. Diagnostic analysis of the Lake Khanka Basin (People Republic of China and Russian Federation). – Nairobi; UNEP, 2001.

267. Mongolis`s Sustainable Development Agenda: Progresses, bottlenecks and vision for future. Ulanbaatar, 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://policy.asiapacificenergy.org/ru/node/2713>.

268. People's Republic of China: Songhua River Basin Water Quality and Pollution Control Management. Strategic Planning Report. 2005. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.adb.org/>.

269. Report on state of the environment of Mongolia, 2008-2010. Ministry of Nature, Environment and Tourism. Ulaanbaatar, 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8918>.

270. Shamov V.V., Onishi T. and Kulakov V.V. Iron flux behavior anomaly in the Amur basin in 1990s: feasible reasons // Report on Amur-Okhotsk Project. No. 5. RIHN Publ. Kyoto. 2008. Pp. 199-207. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.chikyu.ac.jp/AMORE/2008Proceeding5/shamov2008.pdf>.

271. Songliao Water Resources Bulletin. 2007 г. Water Resources Comission Songliao, The Ministry of Water Resources of the PRC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.slwr.gov.cn/. (Дата обращения 15.02.2015). На кит. языке.

272. Songliao Water Resources Bulletin. 2008 г. Water Resources Comission Songliao, The Ministry of Water Resources of the PRC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.slwr.gov.cn/. Дата обращения 15.02.015. На кит. языке.

273. Songliao Water Resources Bulletin. 2009 г. Water Resources Comission Songliao, The Ministry of Water Resources of the PRC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.slwr.gov.cn/. Дата обращения 15.02.015. На кит. языке.

274. Songliao Water Resources Bulletin. 2010 г. Water Resources Comission Songliao, The Ministry of Water Resources of the PRC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.slwr.gov.cn/. Дата обращения 15.02.015. На кит. языке.

275. Songliao Water Resources Bulletin. 2011 г. Water Resources Comission Songliao, The Ministry of Water Resources of the PRC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.slwr.gov.cn/. Дата обращения 15.02.015. На кит. языке.

276. Songliao Water Resources Bulletin. 2012 г. Water Resources Comission Songliao, The Ministry of Water Resources of the PRC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.slwr.gov.cn/. Дата обращения 15.02.015. На кит. языке.

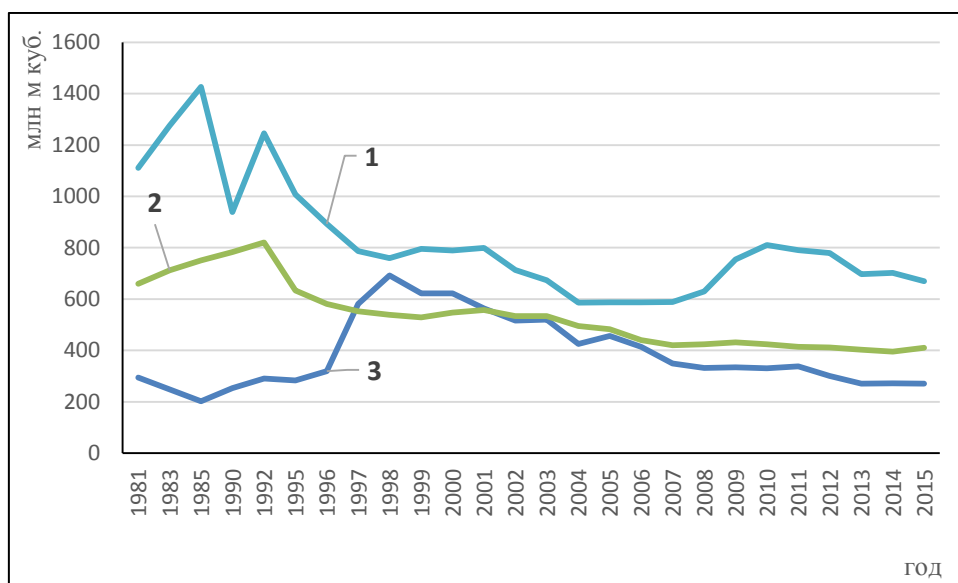
277. Songliao Water Resources Bulletin. 2013гг. Water Resources Comission Songliao, The Ministry of Water Resources of the PRC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.slwr.gov.cn/. Дата обращения 15.02.015. На кит. языке.

278. Subash Prasad Rai, Aaron t. Wolf, nayan Sharma, Harinarayan Tiwari. Hydropolitics in Transboundary Water Conflict and Cooperation. // River System Analysis and Management. Singapure: Springer Nature. 2017. P. 353-368.

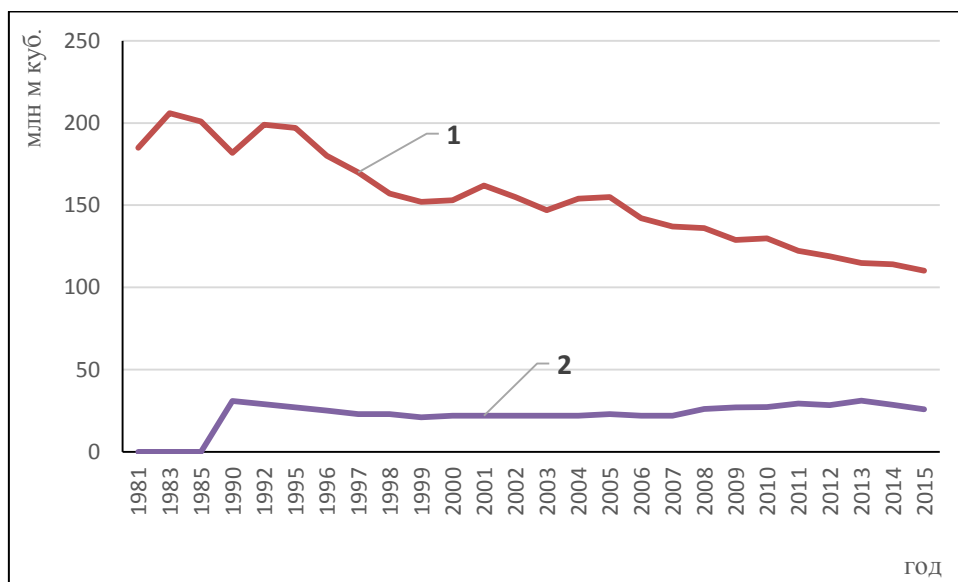
279. Technical assistance to the People`s Republic of China for Songhua River Water Quality and Pollution Control Management. ADB, 2003. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.adb.org/sites/default/files/project-document/70701/tar-prc-33177.pdf>.

280. Wilfried Brutsaert, Michiaki Sugita. Is Mongolia's groundwater increasing or decreasing? The case of the Kherlen River basin. Hydrological Sciences Journal. Volume 53, 2008 - Issue 6. Pages 1221-1229. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1623/hysj.53.6.1221?needAccess=true>

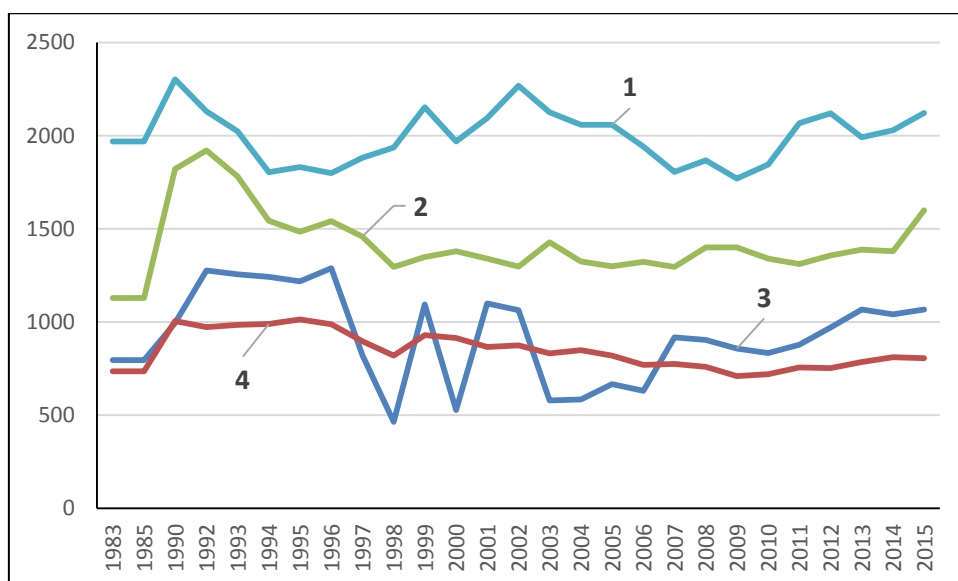
281. Wolf A. T., Stahl K, Macomber M. F. Conflict and cooperation within international river basins: the importance of institutional capacity // Water Resources Update. 2003. Vol. 125. P. 31–40. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scholar.google.com/citations?user=PTsSicoAAAAJ&hl=en>.

Забор воды, млн м³

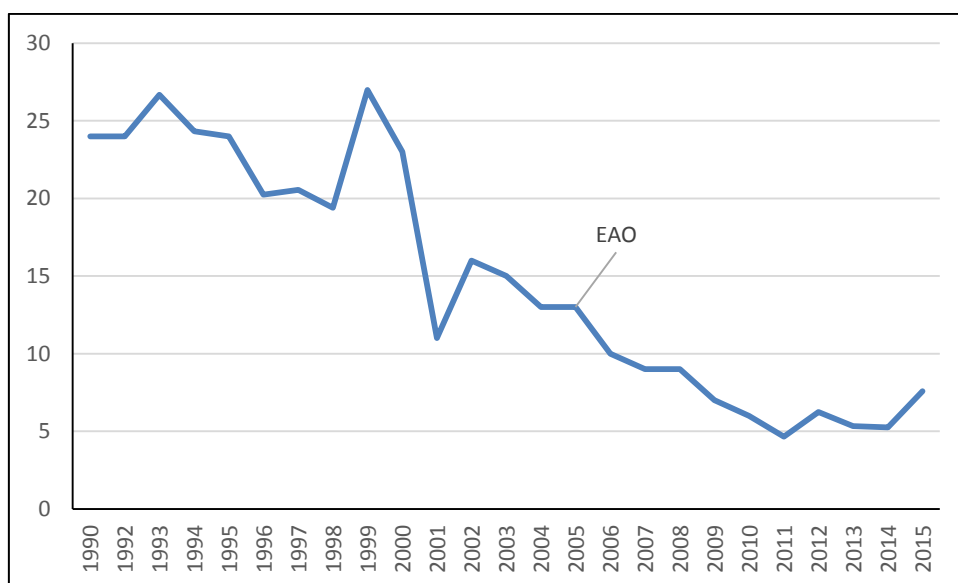
А) 1 – Приморский край; 2 – Хабаровский край; 3 – Забайкальский край



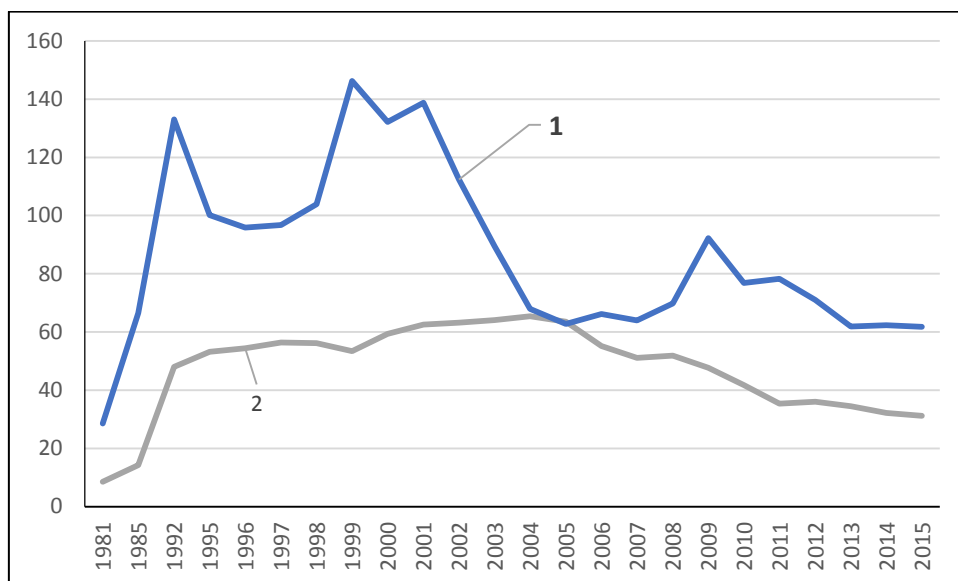
Б) 1 – Амурская область; 2 - ЕАО

Оборотно-повторное водопотребление, млн м³

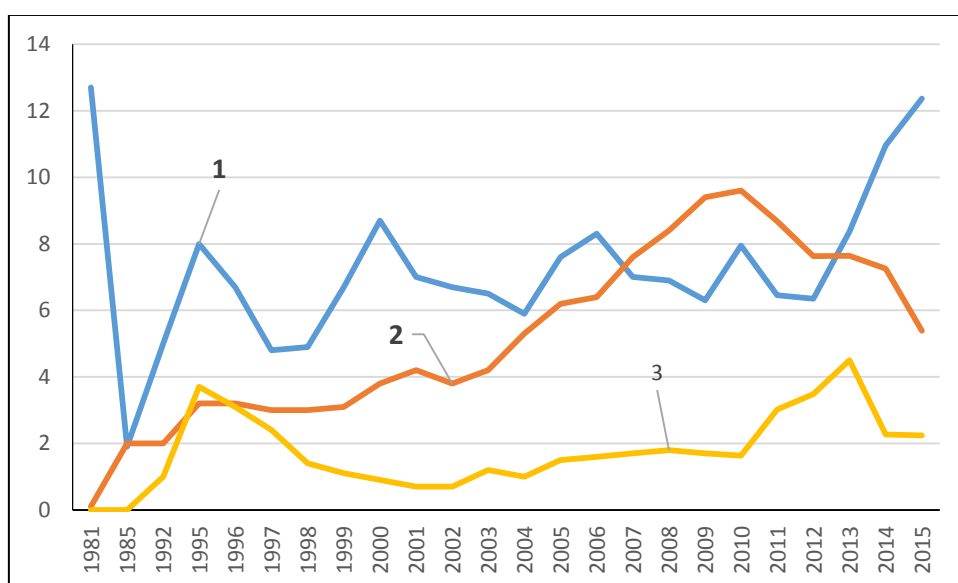
А) 1 – Приморский край; 2 – Хабаровский край; 3 – Забайкальский край; 4 – Амурская область



Б) ЕАО

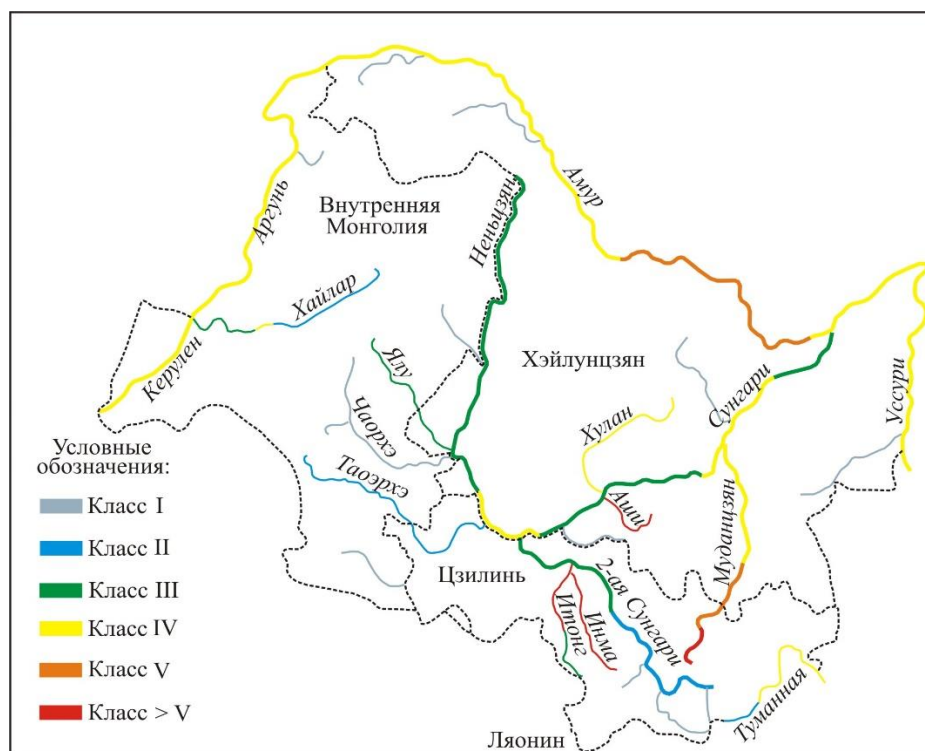
Потери воды при транспортировке, млн м³

А) 1 – Приморский край; 2 – Хабаровский край

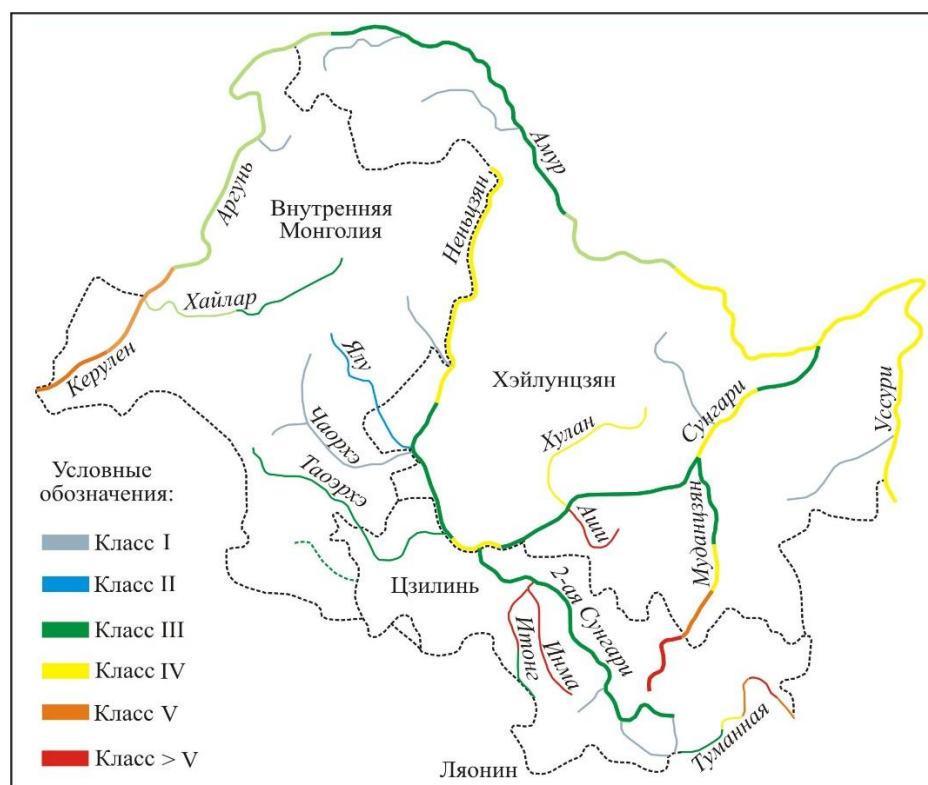


Б) 1 – Забайкальский край; 2 – Амурская область; 3 – ЕАО

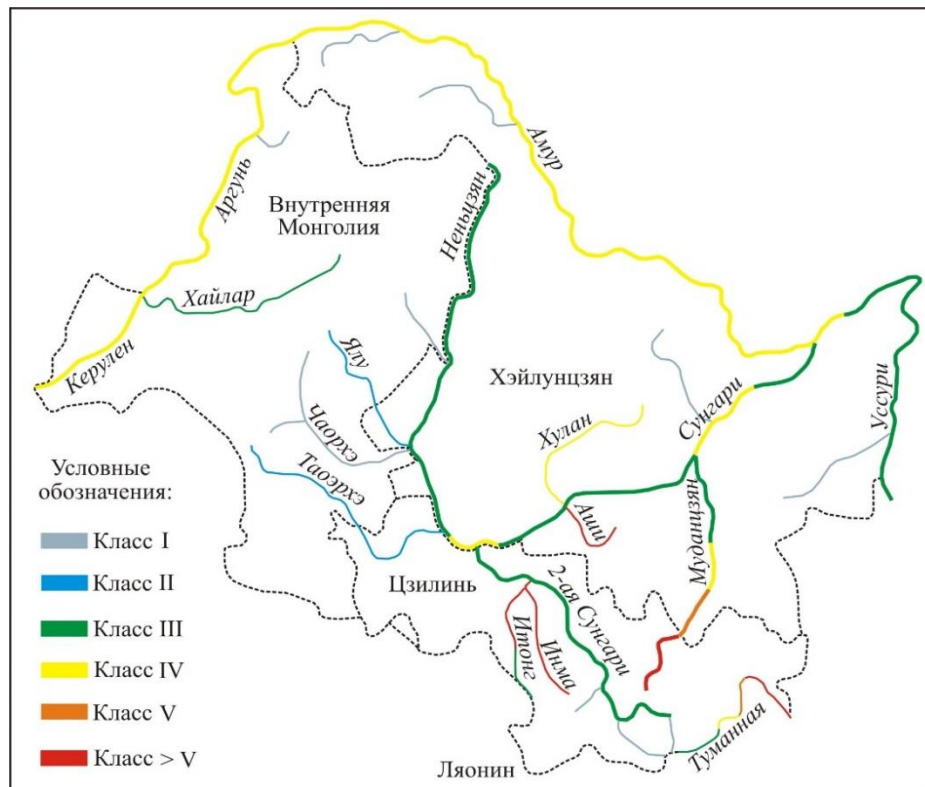
Динамика качества вод в р. Сунгари



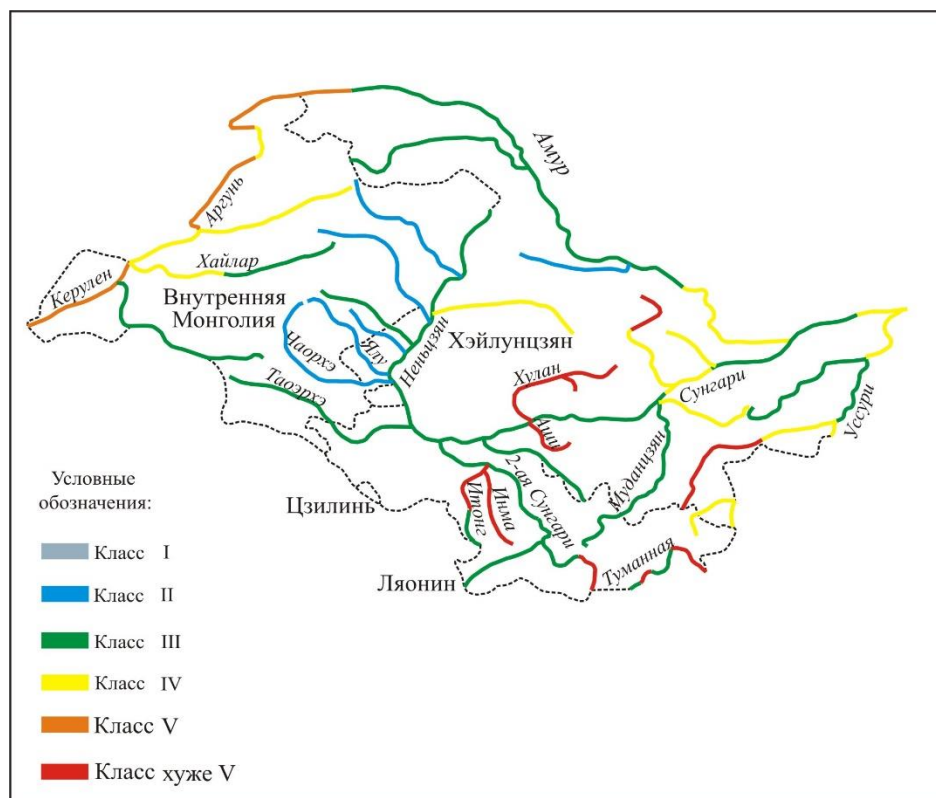
2009 г.



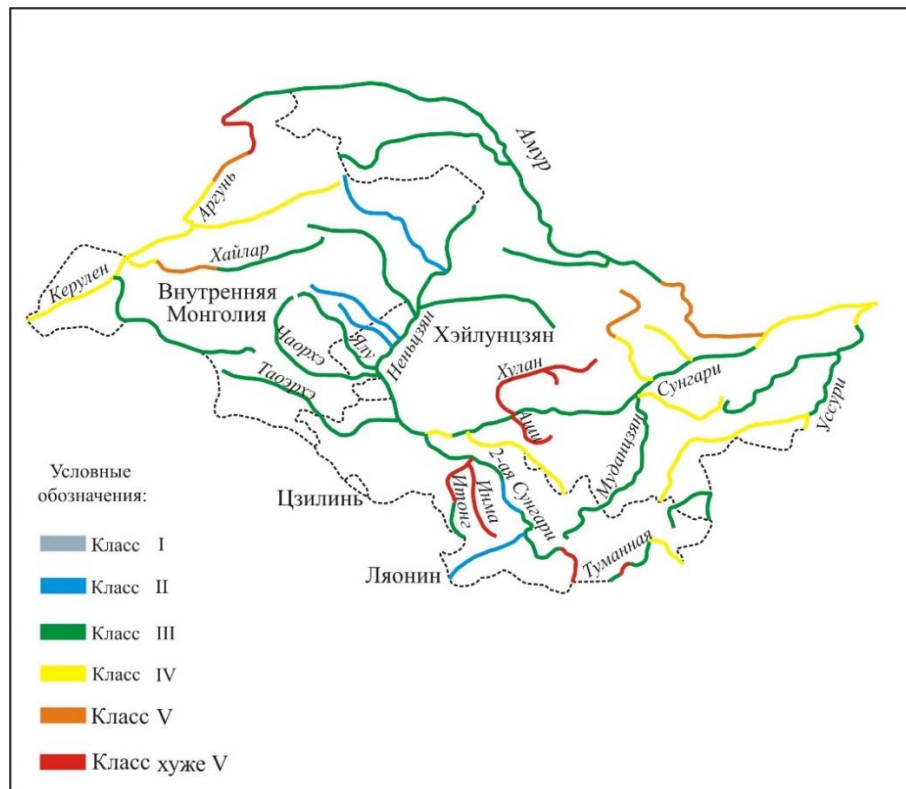
2010 г.



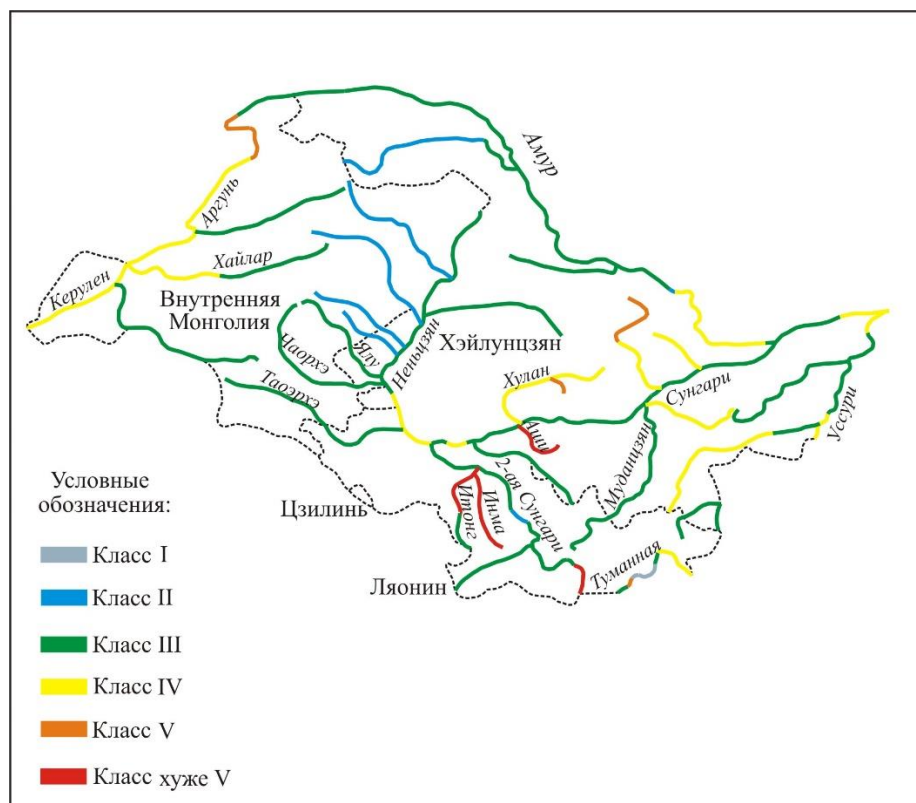
2011 г.



2012 г.



2013 г.



2014 г.