

ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет»  
Географический факультет

На правах рукописи

Губарева Екатерина Константиновна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОРФОЛОГИИ И ДИНАМИКИ  
ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОГРАНИЧНЫХ РЕК  
БАССЕЙНА АМУРА**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)  
(географические науки)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Научный руководитель:  
доктор географических наук,  
доцент Чернов А.В.

Калининград – 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>ГЛАВА 1. ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ</b>	10
1.1. Пойменно-русловой комплекс (ПРК) – понятие и методы исследования динамики его компонентов	10
1.2. Геоэкологическое состояние ПРК и отдельных его компонентов	27
1.2.1. Геоэкологические опасности	27
1.2.2. Методы оценки геоэкологического состояния ПРК	35
<b>ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА АМУРА</b>	47
2.1. Географическое положение	47
2.2. Геолого-геоморфологическое строение	53
2.3. Климатические условия	62
2.4. Современный гидрологический режим	66
2.5. Почвы	71
2.6. Растительный покров	75
2.7. Влияние физико-географических условий на формирование русел и пойм рек бассейна Амура	82
<b>ГЛАВА 3. МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА РУСЕЛ И ПОЙМ РЕК БАССЕЙНА АМУРА НА ПОГРАНИЧНОМ УЧАСТКЕ</b>	86
3.1. Морфология русел и пойм	86
3.1.1. Морфодинамические типы русел рек	86
3.1.2. Морфологические типы речных пойм	90
3.1.3. Типы пойменно-русловых комплексов (ПРК) рек	105
3.2. Динамика пойменно-русловых комплексов рек	125
<b>ГЛАВА 4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОГРАНИЧНЫХ РЕК БАССЕЙНА АМУРА</b>	148
4.1. Природные геоэкологические опасности	149
4.1.1. Влияние катастрофических паводков и наводнений на ПРК	149

4.1.2. Влияние русловых деформаций и других рельефообразующих процессов на геоэкологическое состояние ПРК	163
4.2. Антропогенно обусловленные геоэкологические опасности	176
4.2.1. Гидротехническое строительство и гидроузлы	177
4.2.2. Берегоукрепление	182
4.2.3. Водозаборные и водоотводные сооружения	190
4.2.4. Транспортное дноуглубление и выправление русла	191
4.2.5. Разработка карьеров	192
4.2.6. Хозяйственное освоение поймы	194
4.3. Геополитические аспекты геоэкологического состояния ПРК пограничных рек бассейна Амура	203
4.3.1. История пограничных взаимоотношений между Россией и Китаем	207
4.3.2. Спорные территории на пограничном участке рек бассейна Амура	213
4.4. Геоэкологическая оценка состояния ПРК пограничных рек бассейна Амура	216
4.5. Рекомендации по предотвращению возникновения геоэкологических опасностей	223
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	229
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	232
<b>Приложения</b>	244

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** В настоящее время все большее внимание уделяется проблемам геоэкологического состояния речных систем. Наиболее активно изменения в этой система происходят в русле и взаимодействующей с ним пойме. Эти части речной системы можно объединить в единую подсистему – пойменно-русловой комплекс (ПРК). Все процессы, происходящие в данной подсистеме тесно связаны между собой и взаимообуславливают развитие друг друга. Русловые и связанные с ними пойменные процессы в речных долинах являются одними из самых динамичных в природе. В связи с этим они, с одной стороны, изменяют окружающие ландшафты настолько быстро, что успевают менять экологические условия жизни и деятельности человека на берегах рек. С другой стороны речные русла и поймы (ПРК) неустойчивы к внешнему для них антропогенному вмешательству, быстро и остро реагируют на них, и эта реакция во многих случаях ухудшает геоэкологическую обстановку прибрежных регионов. Системный подход позволяет более полно изучать рельефообразующую деятельность рек и влияющие на их развитие факторы в различных природных условиях.

Физико-географические особенности территории бассейна Амура определяют различные условия формирования и развития ПРК исследуемых пограничных рек. Сегодня существующие оценки регионального проявления русловых процессов в амурском бассейне недостаточны для разработки научно-обоснованных методов обеспечения геоэкологической безопасности на приречных территориях в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на пойменно-русловые комплексы. Кроме того, большая часть р. Амура и его притоков является границей между двумя государствами – Россией и Китаем, что обуславливает особенности изучения и хозяйственного использования водных ресурсов бассейна. Также в пределах пограничных речных участков может возникать межгосударственная напряженность и даже политические конфликты, в том числе обусловленные природными преобразованиями. Разрешение подобных конфликтных ситуаций возможно



при научно-обоснованном управлении естественными и антропогенно-обусловленными процессами, происходящими в ПРК, которое должно опираться на установленные закономерности и прогнозы развития каждой части данной подсистемы.

**Цель работы** – оценка геоэкологического состояния пойменно-русловых комплексов на пограничном участке бассейна р. Амура, находящихся как в естественных условиях, так и при антропогенном воздействии на них.

**Основные задачи исследования:**

1. Определить особенности функционирования рек пограничного участка бассейна Амура в разных природных условиях и при разных видах воздействия хозяйственной деятельности человека.

2. Рассмотреть весь комплекс опасных форм проявления современных русловых и пойменных процессов в различных ПРК пограничного участка бассейна Амура.

3. Выявить наиболее опасные с точки зрения геоэкологического состояния природные процессы и наиболее подверженные им участки рек.

4. Выявить виды хозяйственной деятельности, приносящие в настоящее время экологический ущерб на исследуемой территории.

5. Разработать шкалу и провести комплексную оценки геоэкологического состояния ПРК пограничных рек бассейна Амура.

**Объект исследования** – пограничные реки бассейна Амура: верхнее и среднее течение реки Амур (от места слияния р. Шилки и р. Аргуни до устья р. Уссури), среднее и нижнее течение реки Уссури, река Сунгача.

**Предмет исследования** – пойменно-русловые комплексы и геоэкологическая ситуация на реках пограничной части бассейна Амура.

**Методология и методы исследования.** В основу работы положены результаты многолетних данных экспедиционных исследований в бассейне р. Амура с 1997 по 2014 годы, авторские результаты дешифрирования спутниковых снимков, а также фондовые, картографические и статистические материалы государственных служб и проектных организаций: Федеральной службы по гидрометеорологии

и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ), Всемирной метеорологической организации (WMO), Европейской экономической комиссии ООН (UNECE), Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Всемирного фонда дикой природы (WWF), Федерального Агентства Водных Ресурсов, Министерства иностранных дел Российской Федерации и др. Для ретроспективного и географического анализа использовались топографические карты масштаба 1:100000 и 1:200000, разновременные космические снимки и лоцманские карты, отчеты Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по госконтрактам с ФГУП РосНИИВХ и ОАО «Ленгипроречтранс» по обоснованию водохозяйственных мероприятий при решении пограничных проблем в бассейне р. Амур и рек юга Приморского края в 1997–2014 гг., отчеты ФГБУ Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения РАН, в составлении некоторых из них автор принимал участие, а также отчеты Всемирного фонда дикой природы (WWF России). При сборе, обработке и анализе материалов использовались географические, ландшафтные, картографические, геоинформационные, сравнительно-описательные, экспертные и математико-статистические методы исследования.

Теоретико-методологической основой исследования послужили разработки ведущих отечественных и зарубежных ученых в области ландшафтоведения, палеогеографии голоцена, флювиальной геоморфологии, русловедения и геоэкологии. В области изучения вопросов динамики и функционирования пойменно-русловых комплексов, а также геоэкологических и геополитических аспектов использовались труды: Н.И. Маккавеева, Р.С. Чалова, К.М. Берковича, А.В. Чернова, А.С. Завадского, А.Н. Махинова, В.И. Кима, В.В. Иванова, В.Б. Сочава, А.Г. Исаченко, Б.И. Кочурова, С.М. Мягкова, А.Л. Рагозин, Ц.Е. Мирцхулава М.Н. Гусева и других. Их работы позволили комплексно изучить структуру и особенности функционирования пойменно-русловых комплексов, обосновать критерии геоэкологических опасностей, разработать шкалу и провести комплексную оценку геоэкологического состояния пограничных рек бассейна Амура. Для систематизирования и визуализации полученных данных были использованы лицензионные про-

граммные продукты ArcGIS 10.1, CorelDRAW X3. Такой подход позволил объединить существующие теоретические и методические принципы исследования с современными геоинформационными технологиями.

#### **Защищаемые положения:**

1. Уровень геоэкологической опасности на пограничных реках бассейна Амура зависит от особенностей динамики их русел и пойм в различных физико-географических условиях, приоритетов хозяйственного использования приречных земель, социально-экономического развития приречных территорий.

2. Наибольшая степень геоэкологической опасности проявляется в ПРК мандрирующего и разветвленно-извилистого русел, динамика которых подвержена сезонным и многолетним изменениям. Таким образом, именно на участки с таким типом русла необходимо обращать особое внимание при планировании любой хозяйственной деятельности в прибрежной территории, а также при анализе изменения границы между соседними государствами.

3. Наибольшая локализованность геоэкологической опасности в пограничной части амурского бассейна проявляется в ПРК русел вблизи населенных пунктов, а также в целом на территориях с высокой степенью хозяйственного освоения.

4. Уровень геоэкологической опасности на пограничных реках бассейна Амура зависит также и от политической обстановки, что влияет на выбор приоритетов хозяйственного использования, а, следовательно, и степень антропогенной нагрузки на ПРК, и способов урегулирования совместного использования ресурсов рек.

5. Последствия как природных, так и антропогенно-обусловленных факторов на пограничных реках бассейна Амура как правило не выходят за пределы устойчивости экосистемы реки.

#### **Научная новизна работы:**

1. Проведена типизация пойменно-русловых комплексов (ПРК) на пограничном участке бассейна Амура и дана оценка степени их геоэкологической устойчивости как к природным, так и к антропогенным факторам.

2. Выявлены основные источники природной и антропогенной геоэкологической опасности на исследуемой территории и дана оценка их воздействия на те или иные участки реки с различными типами ПРК.

3. Впервые пограничное положение рек рассматривалось как фактор геоэкологической опасности.

4. Определены объекты и участки, подверженные наибольшей степени геоэкологической опасности.

5. Предложена методика комплексной балльной оценки геоэкологического состояния пойменно-русловых комплексов (ПРК), которая может быть использована для дальнейшего анализа, прогноза и управления русловыми процессами на пограничных реках для предотвращения или снижения экологических, экономических и политических ущербов.

6. Создана карта «Геоэкологическое состояние ПРК пограничных рек бассейна Амура».

**Практическая значимость работы** заключается в расширении знаний о развитии пойменно-русловых комплексов (ПРК) пограничных рек бассейна Амура, совершенствовании методов оценки геоэкологического состояния ПРК рек и создании карт геоэкологического состояния пограничной части бассейна Амура.

**Достоверность результатов** обеспечена использованием и анализом обширного фондового, картографического и статистического материала, а также данных экспедиционных исследований в бассейне Амура с 1997 по 2014 годы. Автор принимала участие в экспедиционных исследованиях ИВЭП ДВО РАН по гранту РГО в среднем течении Амура и экспедиционном исследовании по гранту РФФИ в среднем течении реки Уссури и реки Сунгачи в 2014 году.

**Апробация работы.** Материалы диссертации вошли в отчеты по проекту РФФИ №14-05-00693 «Влияние русловых процессов на гидроэкологическую безопасность в речных бассейнах» и гранту Всероссийской общественной организацией Русское географическое общество «Катастрофическое наводнение на Амуре

2013 года: отражение его последствий в эрозионно-русловых системах рек бассейна, рекомендации по защите от возможных высоких паводков в Приамурье» (02/2014-Н2).

Результаты исследования докладывались и обсуждались на научных и научно-практических семинарах и конференциях различного уровня: на VIII, IX, X, XI семинарах молодых ученых вузов, объединяемых Межвузовским научно-координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ имени М.В. Ломоносова (Уфа, апрель 2010 г., Волгоград, апрель 2012 г., Белгород, апрель 2014 г., Нижний Новгород, май 2016 г.), региональной научной конференции МПГУ (Москва, ноябрь 2012 г.), международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК «Историческая география и картография России и Китая» (Москва, декабрь 2013 г.), всероссийской научно-практической конференции ПГНИУ (Пермь, апрель 2013 г.), на научной сессии МПГУ (Москва, март 2015 г.), международном научно-практическом семинаре в БрГУ им. А.С. Пушкина (Брест, сентябрь, 2015 г.), всероссийской научно-практической конференции «Трешниковские чтения-2018» (Ульяновск, март, 2018 г.).

По результатам исследования подготовлено 12 публикаций, общим объемом авторских листов 6,3 п.л.: 3 статьи в научных журналах, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов, РИНЦ и рекомендованных ВАК Минобразования и науки РФ, также одна из них в журнале Геоморфология, индексируемом международной базой данных Scopus и системой цитирования Web of Science (RSCI), 9 статей в прочих журналах и сборниках.

## **ГЛАВА 1. ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

### **1.1. Пойменно-русловой комплекс (ПРК) – понятие и методы исследования динамики его компонентов**

Речная долина объединяет геоморфологические, климатические, гидрологические и биотические компоненты реки в единую геосистему. Как и любая другая геосистема, она характеризуется целостностью, упорядоченностью своей структуры, тесными внутрикомпонентными связями, автономностью, открытостью, устойчивостью к внешним воздействиям, динамичностью, способностью развиваться, а также обмениваться веществом, энергией и информацией с другими геосистемами [Сочава, 1978; Исаченко, 1991; Жучкова, Раковская, 2004].

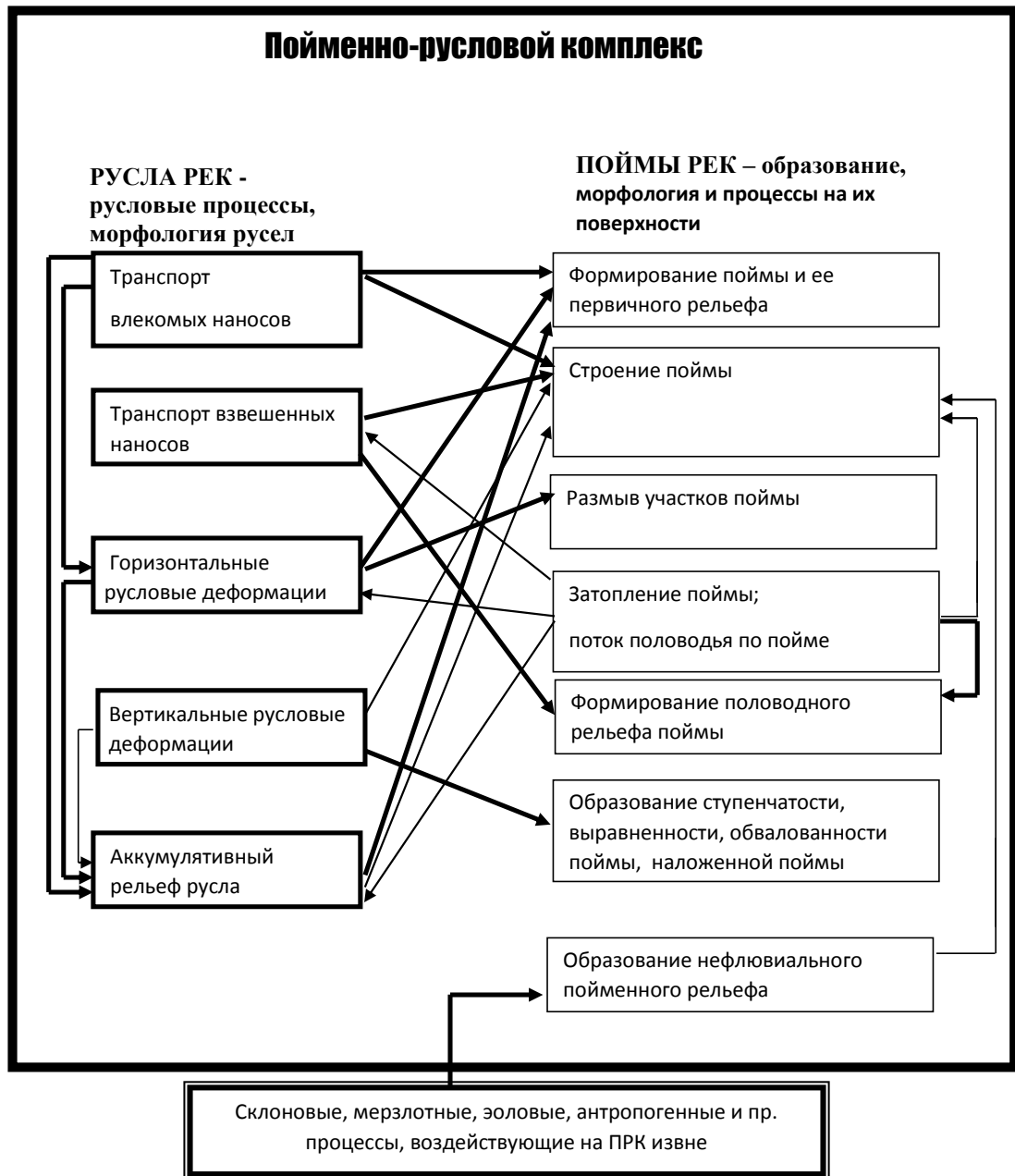
Формирование и развитие речной долины происходит в результате работы водного потока, который переносит аллювий и формирует её современный рельеф. Основными элементами рельефа речной долины являются русло реки, её пойма, надпойменные террасы, их склоны и борта долины в целом. Наиболее динамичными из них являются русло и пойма реки, которые объединяют в самостоятельную подсистему – пойменно-русловой комплекс (сокращенно ПРК) [Чернов, 2009 а]. Также в этот комплекс включают опирающиеся на русло и пойму борта речной долины.

В компонентном отношении в ПРК входит не только рельеф, но и отложения, слагающие его, климат, почвы, растительность и животный мир, закономерно сочетающиеся в пределах одной территории и образующие отдельные природно-территориальные комплексы различного ранга. Таким образом, ПРК состоит из всех основных компонентов, которые должны присутствовать в природном комплексе, и отличается всеми характерными для него признаками: территориальным и генетическим единством, взаимосвязанностью и взаимообусловленностью протекающих в нем процессов и компонентов, наличием географических объектов или комплексов низшего ранга, открытостью и способностью взаимодействовать с другими природными комплексами и другими признаками. Следовательно, пойменно-

русловой комплекс является единой, саморазвивающейся, активно функционирующей, очень динамичной системой географических компонентов, с их взаимообусловленным размещением в пространстве и времени [Исаченко, 1991; Чернов 2009 а].

Соотнесение данной системы с определенным локальным топологическим уровнем зависит от размера реки. Так, ПРК крупных рек с развитым долинным расчленением (таких как Ока, Лена, Амур и др.) соответствуют рангу местностей; таким образом, в данном случае ПРК является крупной морфологической частью ландшафта (речной долины) и представляет собой характерные сочетания закономерно повторяющихся урочищ. ПРК малых рек относятся к сложным урочищам; они являются системой генетически, динамически и территориально взаимосвязанных фаций и подурочищ, объединенных общей направленностью физико-географических процессов и приуроченных к одной мезоформе рельефа – речной долине [Исаченко, 1991; Пашканг, 2000; Жучкова, Раковская, 2004; Наговицын, Фролова, 2008].

Под функционированием данной геосистемы понимается весь спектр эрозионно-русловых процессов, непрерывно протекающих в течение всего времени развития ПРК и речной долины в целом. Функционирование ПРК происходит в соответствии с законами механики, физики, химии, биологии и отвечает положению: «функционирование любой геосистемы слагается из трансформации солнечной энергии, влагооборота, геохимического круговорота, биологического метаболизма и механического перемещения материала под действием силы тяжести» [Исаченко, 1991, с. 14]. Вместе с тем, важной особенностью функционирования ПРК является главенство прямых связей между процессами, исходящими от активного компонента ПРК – русла, в противовес обратным связям, исходящим от пассивного компонента – поймы (рис.1) [Чернов, 2009 а].



**Рисунок 1. Структура ПРК и происходящие в нем процессы: Толщина стрелок указывает на значимость связей [Чернов, 2009]**

К ведущим процессам, протекающим в ПРК относятся русловые процессы, которые происходят в результате «взаимодействия потока и русла, эрозии, транспорта (перемещения) и аккумуляции наносов» [Беркович и др., 2000, с.15]; к второстепенным, т.е. опосредованно влияющим на морфологию и облик ПРК относят склоновые, эоловые, мерзлотные, наледные, болотные процессы. Проявление и масштаб влияния того или иного процесса в ПРК зависит от различных физико-географических условий, в которых сформирована река. Они определяют морфо-



логию, размер, водность, гидрологический режим реки, сток и состав наносов, литологию её берегов, рельефообразующие процессы, тип пойменной и водной растительности, и виды животных, которые могут оказывать некоторое влияние на состояние ПРК. Таким образом, физико-географические условия бассейна реки определяют формирование, развитие, морфологическую структуру и свойства ПРК, а также составляющих их пойменных ПТК в прошлом, настоящем и будущем [Мамай, 1992; Чернов, 2009 а].

Изучение системы ПРК должно проводиться не только ввиду особенностей и закономерностей его развития, и функционирования в естественных природных условиях, но и в рамках воздействия на неё различных факторов –природных и антропогенных условий, явлений или процессов, которые влияют на особенности русловых процессов и формирование морфологического облика долины [Чернов, 2009а]. При развитии и функционировании ПРК действует закон факторной относительности, сформулированный Н.И. Маккавеевым [1976], согласно которому каждый отдельный фактор оказывает различное по своей направленности, интенсивности и времени проявления влияние на процессы, происходящие в пойменно-русловом комплексе. Это влияние проявляется в разной степени в зависимости от условий географической среды, в которых сформировалась и развивается речная долина, и по-разному в отдельных звеньях комплекса.

Существуют различные классификации факторов, которые оказывают влияние на процессы, происходящие в ПРК: В.В. Иванов [1983] и А.М. Алабян [1992] разделяют факторы по их роли в формировании русел различных типов (факторы, способствующие и препятствующие тому или иному русловому или пойменному процессу); Р.С. Чалов [1998] выделил ведущие (активный – сток воды, образующий русловые потоки, пассивный – литология горных пород) и прочие факторы. В работе А.В. Чернова [2009а] факторы русловых и пойменных процессов классифицированы по следующим признакам: происхождению (природные и антропогенные), особенностям распространения (региональные и местные), характеру воздействия (активные, пассивные), формам влияния (прямые, косвенные) и проявления. Таким

образом, основными природными факторами функционирования ПРК можно назвать:

- Геологические – литология пород, слагающих речную долину и особенности их залегания (структурный план территории), новейшая и современная тектоника. Эти факторы могут прямо или косвенно влиять на морфологический облик русла и поймы (тип русла и поймы, особенности распространения и размеры поймы, её наличие или отсутствие), а также на морфологический облик ПРК в целом (его ориентировка, конфигурация, тип); они могут иметь региональное (т.е. охватывающее большую площадь, соизмеримую с площадью бассейна реки) и местное влияние.

- Гидрологические – объем стока воды, внутригодовое распределение стока, ледовый режим. Эти факторы напрямую влияют на водность и особенности гидрологического режима реки, на морфологический облик русла и поймы реки (размер, особенности и степень сложности форм руслового и пойменного рельефа), на скорость переформирования русла темпы поймообразования; они также могут иметь региональное и местное влияние.

- Климатические – количество и годовой ход осадков, годовой ход температур, ветровой режим (перенос и аккумуляция наносов) – имеют прямое и косвенное влияние на морфологический облик русла и поймы реки, уровень сложности их структуры, на скорость переформирования русел, на береговой рельеф и эоловый рельеф на поймах; имеют региональное влияние.

- Литоклиматический – многолетняя мерзлота – напрямую влияет на формы излучин, на интенсивность горизонтальных русловых деформаций, на формирование мерзлотных форм рельефа на поймах и особенности форм поводного рельефа; имеет региональное влияние.

- Гидроклиматический – наледи – напрямую влияет на морфологический облик русла и поймы, размер форм руслового и пойменного рельефа; имеет местное влияние.

- Геоморфологические – склоновые и эрозионные процессы временных водотоков – напрямую влияют на особенности морфологии русла и форм руслового и пойменного рельефа; может иметь региональное и местное влияние.

- Почвенно-растительные – шероховатость русла и поймы, уровень эрозии почв на водосборах – могут иметь прямое и косвенное влияние на рельеф, строение и динамику русловых форм, на особенности разрушения берегов, на интенсивность поймообразования, характеристики пологоводного рельефа, на состояние притеррасных пойменных зон; имеют региональное и местное влияние.

- Полигенетические – определяются сочетанием гидрологических, геолого-геоморфологических, почвенно-растительных и климатических факторов. К ним относятся: мутность потока, баланс влекомых наносов и их размер, а также уклон русла; эти факторы имеют прямое влияние на наличие, размеры и распространение русловых форм рельефа и скорость переформирования русла и имеют региональное влияние. Такой фактор, как уклон русла определяется также местоположением в речной системе и историей развития долины – он влияет на тип русловых процессов, морфодинамический тип русла и поймы реки, скорость горизонтальных русловых деформаций и переформирований русловых форм.

Представленная классификация наиболее полная – она включает в себя не только первичные факторы русло- и поймообразования, но и факторы, которые, имея большую силу влияния, могут проявляться не напрямую, а опосредованно через изменение ведущих факторов.

Основные компоненты пойменно-руслового комплекса – русло и пойма – также являются факторами, влияющими на особенности строения и развитие друг друга: так в результате русловых деформаций, происходит образование поймы, а особенности строения самой поймы (рельеф, высота, ширина, литогенное строение и пр.) в свою очередь оказывают влияние на рельеф и динамику русла реки.

При рассмотрении системы ПРК необходимо учитывать также фактор времени, так как любая система развивается не только в пространственном отношении, но и во времени. Это отвечает положению в ландшафтоведении, которое рассматривает взаимосвязи географических компонентов не только в пространстве, но и во времени, так как их развитие происходит взаимосвязано: каждый компонент единой геосистемы «стремится прийти в соответствие друг с другом», но каждому компоненту необходимо определенное только для него время трансформации. Те

же закономерности взаимосвязей и изменений компонентов прослеживаются и в пойменно-русловом комплексе [Исаченко, 1991; Чернов, 2009 а].

Кроме того, в связи с суждениями о том, что «морфологический облик не является «чистым» продуктом только современных процессов, он несет в себе отголоски процессов более ранних этапов своего развития» [Торнес, Брундсен, 1981, с.28], а изучение русловых процессов невозможно без учета тех условий, которые испытала в различные этапы эволюции данная река [Маккавеев, 1955], фактор времени необходимо рассматривать и в связи с историей развития отдельного ПРК. Каждый компонент ПРК имеет свою скорость развития и трансформации во времени: русло является наиболее динамичным компонентом ПРК, оно может трансформироваться в довольно короткое время, т.е. в пределах первых десятилетий, а иногда всего одного сезона; пойма же изменяется в пределах исторического и геологического масштабов времени. Так, именно поймы сохраняют в рельефе и своем строении информацию о развитии системы ПРК за всю историю своего развития. В свою очередь сохранность данной информации зависит от тех географических условий, в которых сформировался пойменно-русловой комплекс. Фактор времени влияет и на степень полноты ПРК, т.е. морфологический облик ПРК зависит от исторически предопределённых условий его развития [Чернов, 2009а].

Характер проявления русловых процессов зависит и от тех изменений, которые возникают в результате хозяйственной деятельности человека в пределах пойменно-руслового комплекса. Виды хозяйственной деятельности, используемые человеком в той или иной части ПРК, можно рассматривать как антропогенные факторы русловых и пойменных процессов. При своём воздействии на ПРК эти факторы приводят к изменениям гидрологического режима, качества воды, направленности и интенсивности русловых и пойменных процессов, сказываются на характере потока, условиях водообмена, уровне режиме, на растительности поймы и русла, и на состоянии всей геосистемы [Беркович и др., 2000]. Особенности влияния антропогенных факторов на процессы, происходящие в ПРК, определяются направленностью на использование конкретного компонента данного комплекса. Таким образом, любое антропогенное воздействие имеет прямое влияние только на

тот компонент, на который оно направлено, в то время как его влияние на другие компоненты и всю систему ПРК косвенно. К антропогенным относятся следующие факторы:

- Гидротехническое строительство на крупных и средних реках. Влияние данного фактора может привести к серьезным последствиям: от ускорения русловых деформаций в нижнем бьефе водохранилища до занесения русла наносами и бывшей поверхности поймы реки, полного уничтожения руслового и пойменного рельефа, и полной смены пойменных ландшафтов в зоне переменного подпора, не говоря уже о полной ликвидации ПРК в пределах чаши самого водохранилища [Беркович, 2012].

- Строительство каскадов прудов на малых реках. Данный фактор проявляется на малых реках в повышении аккумуляции наносов в половодье и прекращении меженного стока, что может привести к заилению русел и подтоплению пойм.

- Урбанизация – укрепление берегов, увеличение стока наносов, изменение их химического состава, увеличение удельных расходов воды при обваловании пойм, прекращение затопления пойм – всё это может привести к снижению темпов горизонтальных русловых деформаций, изменению аккумулятивного рельефа дна русла и его динамики, обвалованию и выравниванию поверхности пойм, а иногда и к повышению её поверхности в результате намыва песчаного грунта [Чернов, 2009 а].

- Разработка карьеров для добычи в руслах и на поймах нерудных строительных материалов. Данный фактор имеет локальное влияние на ПРК в непосредственной близости к самому карьере. Его действие может проявляться в переуглублении русла, разрушении аккумулятивных форм руслового рельефа, формировании порогов выше или ниже карьеров, обнажении коренных пород, ускорении боковой эрозии, остепнении пойменных ландшафтов, а также механическом уничтожении поймы [Беркович, 2005].

- Разработка карьеров добычи россыпей. Данный фактор имеет прямое влияние на ПРК малых рек и может проявляться в уничтожении речных русел и пойм, формировании исключительно антропогенного рельефа в них, прекращении поверхностного стока воды.

- Выправление русел в транспортных целях на судоходных реках. Влияние данного фактора имеет локальный характер и может проявляться на самих участках выправления в снижении темпов горизонтальных деформаций русел, повышении темпов роста образования поймы, а при сплошном выправлении русла – в полном видоизменении руслового рельефа и остепнении пойменных ландшафтов.

- Обвалование русел противопаводковыми дамбами. Негативные последствия влияния этого фактора носит региональный масштаб и могут проявляться в изменении расходов воды и направленности русловых деформаций, в увеличении русловых форм и ширины русла, размыве берегов и дамб, в остепнении пойменных ландшафтов и уменьшении плодородия почв.

- Оросительная мелиорация – водозабор и сброс в русла коллекторных и оросительных вод. Негативные последствия влияния этого фактора проявляются ниже по течению и могут приводить к изменениям руслового и пойменного рельефа, к превращению пойм в надпойменные террасы с измененными, чаще степенными или полупустынными, ландшафтами, а также к увеличению интенсивности эрозии, врезанию притоков, к аккумуляции наносов ниже по течению, сопровождающейся обмелением русла.

- Осушительная мелиорация может негативно сказываться преимущественно на состоянии малых рек и проявляться в спрямлении русел, увеличении их уклонов и врезании рек, заилении русел при аккумуляции в них продуктов размыва, изменении пойменного рельефа и смене пойменных ландшафтов.

- Распашка водосборов также, как и предыдущий фактор, негативно сказывается преимущественно на состоянии малых рек. Он может проявляться в заилении рек и переувлажнении пойменных угодий.

- Вырубка леса тоже сказывается на состоянии малых рек. Она может привести к занесению русел рек песчаным аллювием, и их обмелению, к изменению структуры руслового рельефа и его динамики, к опесчаниванию пойм и изменению их ландшафтов [Чернов, Киселева, 2000].

- Единичное строительство на руслах и поймах рек мостов, дорог, трубопроводов, портов и причалов может привести к изменению руслового и пойменного рельефа в местах строительства этих объектов, а также к возникновению застойных переувлажненных зон или зон проявления эрозии на пойме.

Степень и формы воздействия природных и антропогенных факторов на процессы, происходящие в ПРК и на их состояние в целом различны по своим масштабам; их геоэкологические последствия также различаются в зависимости от физико-географических условий и закономерностей их распространения, размеров ПРК, от того подвергаются ли антропогенному воздействию русловые и пойменные процессы или происходит прямое изменение отдельных частей ПРК (русла или поймы), а также от количества действующих на него антропогенных факторов. Таким образом, пойменно-русловой комплекс, как и любая саморегулирующаяся геосистема, отличается различной степенью прочности по отношению к воздействию внешних природных и антропогенных факторов, т.е. тем набором условий, которые объединяются понятием экологического потенциала. Экологический потенциал геосистемы всей реки оценить сложно из-за многообразия критериев этой оценки и отсутствия для них общей единицы измерения, поэтому для оценки геоэкологического состояния ПРК лучше использовать понятия устойчивости или уязвимости этой системы к внешним воздействиям [Исаченко, 2001].

Устойчивость – способность при изменяющихся условиях среды в результате внутренней перестройки поддерживать свою структуру и функционирование в пределах параметров, не превышающих предельно допустимых величин (пороговых значений), переход через которые может привести к необратимым изменениям самой системы, т.е. её полной трансформации. В случае если система ПРК не может противостоять неблагоприятным изменениям, возникшим в результате внешних воздействий, её можно охарактеризовать как систему с высокой степенью уязвимости [Сочава, 1978; Чернов, Киселева, 2000].

При ландшафтных исследованиях учитывают несколько видов устойчивости геосистем. Так, устойчивость при рассмотрении вертикальной и горизонтальной

структуры геосистемы отражает форму постоянства объекта, заданного некоторыми величинами, значения которых в процессе развития системы при внешних воздействиях не изменяются с течением времени, т.е. геосистема сохраняет или восстанавливает набор данных этих величин и связи между ними. Устойчивость функционирования геосистемы отражает характер развития объекта через смены суточных, сезонных, годовых состояний, через преобразовательную и стабилизирующую динамику. В этом случае устойчивость рассматривается, как способность геосистемы сохранять и восстанавливать после внешнего воздействия характер функционирования, даже при изменении её внутренней структуры [Сочава, 1978]. Также рассматривается позиционная устойчивость геосистемы — способность геосистемы сохранять и восстанавливать после внешних воздействий положение на поверхности Земли и свою пространственную структуру [Дьяконов, 1991; Арманд, 1992].

Оценка устойчивости геосистемы проводится путем выяснения устойчивости свойств отдельных её компонентов, а также пространственных и временных аспектов структуры геосистемы. Среди последних выделяют: пороговый уровень нарушения экосистемы, время запаздывания, время релаксации, пространственное распространение реакции [Беркович, 2001].

Эти положения позволяют сделать вывод, что устойчивость геосистемы ПРК складывается из устойчивости отдельных её компонентов – русла и поймы. Но необходимо отметить, что, так как понятие устойчивости ПРК более сложное, оно не повторяет дословно определения устойчивости отдельных своих компонентов. Следовательно, для оценки устойчивости системы ПРК необходимо рассмотреть эти понятия по отдельности. Так, выделяется динамическая устойчивость русла и поймы и устойчивость русла и поймы к антропогенной нагрузке (или геоэкологическая устойчивость) [Чернов, 2009б].

Динамическая устойчивость русла – это его способность длительное время сохранять неизменной исходную форму продольного профиля, размеры поперечного сечения, морфодинамический тип русла и русловой режим. Для определения



степени устойчивости русла отмечается время, за которое в результате направленных и периодических деформаций, происходят заметные изменения его основных морфометрических параметров. Критериями динамической устойчивости русла являются число Лохтина  $L = d/H$ , где  $d$  – диаметр донных наносов, мм,  $H$  – километрическое падение, м/км) и коэффициент стабильности Н.И. Маккавеева  $K_c = d/Ib_p \times 1000$ , где  $I$  – уклон водной поверхности,  $b_p$  – ширина русла [Маккавеев, 1955]. Русло считается неустойчивым или слабоустойчивым, когда изменения происходят за время от 1 года до нескольких лет, а если происходящие изменения заметны только за столетия, то русло устойчиво [Гришанин, 1974; Беркович, 2001].

Геоэкологическую устойчивость русла можно определить, как «свойство русла сохранять при воздействии антропогенных факторов свои основные морфометрические, динамические и морфологические характеристики» [Беркович, 2001, с.128]. Реакция русел рек, развивающихся в разных физико-географических условиях, на различные виды антропогенного воздействия неодинакова и варьируется от резких качественных изменений или даже полного исчезновения русла до стабильного практически неизменяемого русла. Также различается и время реакции на какие-либо нарушения, вызванные антропогенным воздействием – в одних случаях изменения длительное время могут не приводить к трансформации естественных характеристик русла, в других – изменения происходят незамедлительно. Следовательно, степень геоэкологической устойчивости русла зависит как от вида, силы и уровня антропогенного воздействия, так и от морфологических и гидрологических свойств речного русла (аллювия (галечного или песчаного), слагающего пойму и террасы, состава руслообразующих наносов и соответственно размыва берегов, речного стока и пр.) [Экология..., 2002].

Геоэкологическая устойчивость поймы – это её способностью сохранять при изменении природных условий или внешнем воздействии свой исходный морфологический тип и тип пойменных ландшафтов. Поймы представляют собой наименее динамичный компонент ПРК, характерной особенностью которого является способность при постоянно изменяющихся природных условиях оставаться доста-

точно стабильным. Естественная устойчивость поймы определяется интенсивностью горизонтальных русловых деформаций и поёмностью, под которой понимается сочетание глубины и скорости пойменного потока и длительности ее затопления [Еленевский, 1936]. Характеризовать устойчивое состояние поймы может изменчивость её рельефа, скорость эволюции почв и растительности, произрастающей на её поверхности. Последние характеристики устойчивости поймы определяются степенью эродированности почв, слагающих пойму, возможностью изменения почвозащитных свойств растительного покрова, а также устойчивостью последнего к внешним воздействиям. В естественном состоянии микрорельеф поймы и структура почвенно-растительного покрова при многолетних изменениях гидрологического режима реки не испытывают резких трансформаций, за исключением катастрофических паводков, коренных перестроек русловой сети и других катастрофических природных явлений. Но при кардинальных изменениях природных условий своего развития (например, прекращение затопления поймы) смена морфологического типа поймы занимает тысячи и десятки тысяч лет. Незначительная антропогенная нагрузка, оказываемая на пойму, может при определенных условиях также привести к резким изменениям морфологии и ландшафтной структуры поймы и даже её полному уничтожению [Злотина, Иванов, 1996; Чернов, Киселева, 2000].

Итак, рассматривая динамическую и геоэкологическую устойчивость русла и поймы, можно прийти к следующим выводам:

- динамическая устойчивость речных русел напрямую зависит от условий их формирования, а так как вертикальные и горизонтальные деформации русел являются неотъемлемой частью их развития, то в динамическом плане русло реки является наименее устойчивым компонентом ПРК. Геоэкологическая устойчивость русел, напротив, достаточно высока, так как речной поток быстро реагирует на природные изменения и вмешательство человека, приводя свои параметры и динамику в соответствие с новыми условиями своего развития. Экологическая ситуация при этом ухудшается на короткое время. Лишь при превы-

шении пороговых значений характеристик русел наступают необратимые их изменения, требующие для релаксации и снижения экологической напряженности значительно больше времени.

- пойма устойчива как в динамическом, так и в геоэкологическом плане. В первом случае это объясняется тем, что она в естественных условиях является наиболее стабильной частью системы ПРК, а во втором случае, консервативностью ландшафтов, сложная внутренняя структура которых не может изменяться столь же быстро как параметры русел.

Наконец, геоэкологическую устойчивость пойменно-руслового комплекса в целом можно определить, как способность системы сохранять, противостоять или восстанавливать исходное состояние основных компонентов и внутренние взаимосвязи между ними, характер своего функционирования и пространственную структуру в пределах речного бассейна, если не были превышены пороговые значения допустимой нагрузки [Ушаков и др., 2001; Чернов, 2009 б].

Известно, что на протяжении всего течения реки набор морфологических типов ПРК может быть очень разнообразен, особенно на крупных реках. В связи с этим, устойчивость ПРК различна в зависимости от размеров самого комплекса, его структуры (полной, неполной), природной зоны, обуславливающей физико-географические условия его формирования и развития, вида и степени антропогенного воздействия. К.М. Беркович определил три вида реакции системы на внешнее воздействие: а) буферную, когда система «не замечает воздействия» (определяется инерционностью системы, наличием в ней обратных связей); б) избирательную, когда система отвечает на воздействие какого-либо определенного типа (проявляется, если воздействие превышает пороговую величину) и в) насыщения, которая является следствием возникновения нового элемента в системе (постепенно меняет морфологию русла, а затем и поймы на большом протяжении реки). Различия реакции системы ПРК на внешнее воздействие определяется «структурной памятью». Он также выделил также качественные критерии, характеризующие устойчивость русел, которые можно использовать и для оценки устойчивости всего ПРК: поро-

говый уровень нарушения системы; время запаздывания реакции; время релаксации или адаптации; пространственное (локальное или региональное) распространение реакции. В результате для оценки степени устойчивости ПРК необходимо сопоставить время запаздывания реакции к времени релаксации системы. Чем больше время запаздывания и меньше время релаксации, тем устойчивее система и наоборот – чем меньше время запаздывания и больше время релаксации, тем она менее устойчива [Беркович, 2001].

Анализируя факторы, влияющие на геоэкологическую устойчивость ПРК в различных регионах, исследователи выявили определенные закономерности проявления реакции на внешние воздействия. Так, крупные реки не реагируют на локальные или незначительные изменения условий своего функционирования, или их реакция проявляется значительно медленнее (до сотен лет), в отличие от малых рек, которые реагируют на любые воздействия более чутко. Системы средних и крупных рек начинают реагировать и трансформироваться только при масштабах воздействия, которые превышают основные характеристики данной реки (объем стока воды и наносов, морфометрические параметры русел и пойм, и т.д.). Таким образом, геоэкологическая устойчивость крупных и средних рек больше, чем малых рек.

Наряду с этим, реки, сложенные галечным и валунным аллювием, характеризуются высокой динамической устойчивостью, т.е. они устойчивы к медленным изменениям своего русла при воздействии природных факторов. Однако это равновесие легко нарушить при резком антропогенном воздействии, что говорит о низкой степени геоэкологической устойчивости ПРК таких рек. В отличие от них, реки, сложенные преимущественно песчаным аллювием, могут быстро сглаживать последствия антропогенного воздействия благодаря естественным русловым деформациям. Таким образом, высокая геоэкологическая устойчивость этих рек определяется их низкой динамической устойчивостью. Следовательно, между динамической и геоэкологической устойчивостью существует обратная зависимость [Беркович, 2001].

Изучением структуры, свойств, особенностей функционирования речных русел и пойм, условий и процессов их формирования, разработкой приемов и методов их регулирования занимается научное направление, лежащее на стыке геоморфологии и гидрологии – русловедение [Беркович и др., 1996]. Выявлением закономерностей развития русловых процессов в естественных и антропогенных условиях, прогнозом изменений ПРК, оценкой устойчивости ПРК и отдельных его частей при антропогенных изменениях природной среды и непосредственных техногенных воздействиях, выявлением необратимых изменений системы ПРК и их неблагоприятных последствий для человека, поиском путей по предотвращению и решению возникающих экологических проблем в ПРК занимается экологическое русловедение. В последнее десятилетие одной из актуальных задач экологического русловедения стала оценка критических или «пороговых резервов» речных систем в отношении антропогенных воздействий, после которых происходят необратимые изменения в данной системе или в её отдельных частях, приводящие к экологически напряженным условиям жизни и деятельности человека.

В связи с данной задачей исследователи в различных отраслях науки уделяют большое внимание развитию геоэкологического подхода к оценке тех опасностей, которые могут возникать в природных системах в результате их естественного функционирования и влияния на них антропогенных факторов. Данные идеи и направление исследований развивали ведущие отечественные научные школы и институты с начала 60-х годов XX века, а именно: Сибирское отделение АН СССР под руководством В. Б. Сочавы, ландшафтно-морфологическая школа Л. С. Берга – С. В. Калесник, Н. А. Солнцев, Н. А. Гвоздецкий, А. Г. Исаченко, К. И. Геренчук; ландшафтно-геофизическая школа А. А. Григорьева; эрозионно-русловая школа Н. И. Маккавеева–Р. С. Чалова – Н. И. Алексеевский, К. М. Беркович, А. В. Чернов и др.; научная школа «Геоэкологических исследований и геоэкологического образования» географического факультета МПГУ под руководством Н. Н. Родзевича и К.В. Пашканга, а также научные коллективы Российского гидрометеорологического университета (Н.Б. Барышников), Пермского национального исследовательского университета (Н.Н. Назаров), Удмуртского государственного университета

(И.И. Рысин), Казанского (Приволжского) федерального университета (А.П. Дедков, В.И. Мозжерин, О.П. Ермолаев) и другие. Этот подход позволяет рассматривать любую территорию с точки зрения взаимодействия географических, экологических и социально-производственных систем, т.е. применить комплексный анализ исследуемой территории, рассматривая её, как геосистему.

## **1.2. Геоэкологическое состояние ПРК и отдельных его компонентов**

### **1.2.1. Геоэкологические опасности**

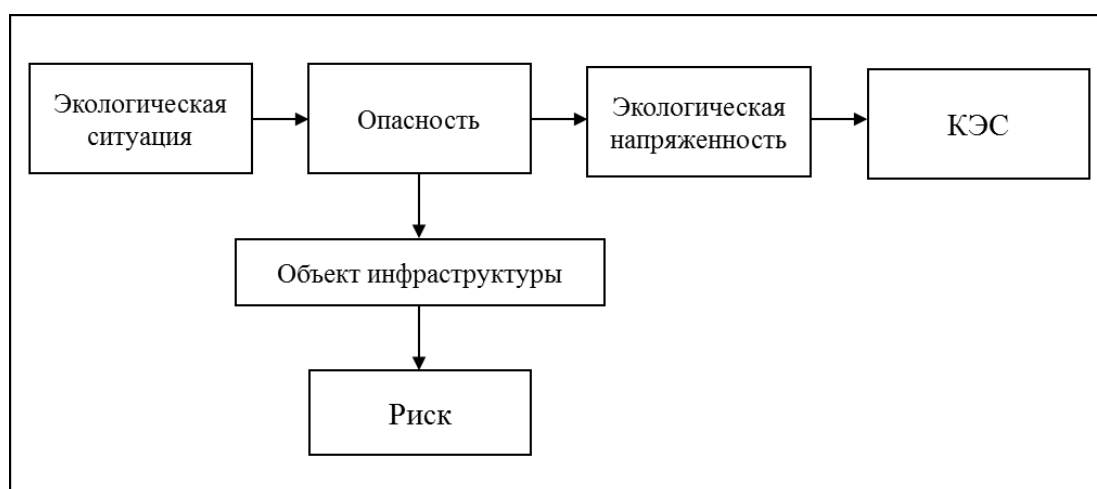
В современном мире в результате активного вмешательства человека в природные процессы происходит деградация природных систем, что приводит к ухудшению геоэкологического состояния территории и условий проживания населения. Оценка геоэкологического состояния территории проводится исходя из её оптимального, т.е. устойчивого геоэкологического состояния, при котором обеспечивается устойчивое функционирование всех её природных и антропогенных компонентов. При оценке геоэкологического состояния ПРК используют следующие понятия: экологическая ситуация, экологическая напряженность, геоэкологическая опасность, а также ранее рассмотренные – устойчивость геосистемы, её уязвимость и экологический потенциал.

На определение понятия «экологическая ситуация» единого взгляда на данный момент в науке нет. Так можно встретить различные их трактовки: Р.С. Чалов [1998] и В.И. Кружалин [2002] рассматривают «экологическую ситуацию» как «сочетание природных и социально техногенных процессов и явлений», определяющих «условия жизни и деятельности человека»; Б.И. Кочуров рассматривает это понятие как «сочетание негативных и позитивных с точки зрения проживания и состояния здоровья человека условий и факторов, создающие определенное экологическую обстановку на территории разной степени благополучия или неблагополучия» [2003, с. 356]. В рамках настоящей работы, относительно экологической ситуации ПРК, используется определение А.В. Чернова: «экологическая ситуация – сиюминутное экологическое состояние конкретного пойменно-руслового комплекса или их региональной группы, относительно благоприятное или неблагоприятное по отношению к человеку» [2009 а, с.501].

Экологическую ситуацию, характеризующуюся признаками ухудшения экологического состояния, его предкризисным состоянием и кризисом, в литературе определяют понятием «экологическая напряженность». В ПРК она возникает при ухудшении условий и факторов функционирования системы, а также жизни и дея-

тельности людей. Экологическая напряженность при необратимых изменениях, деградации или уничтожении ПРК и, ввиду этого, крайне неблагоприятных условиях для жизни и деятельности людей переходит в категорию кризисной экологической ситуации (КЭС) [Кочуров, 2003].

Таким образом, экологическая ситуация развивается в эволюционном ряду, предложенном Б.Н. Порфирьевым [2011] и развитым в работе Б.И. Кочурова [2003]: экологическая ситуация – опасность – экологическая напряженность – кризисная (чрезвычайная) экологическая ситуация (рис.2).



**Рисунок 2. Эволюция экологической ситуации [Кочуров, 2003]**

Этот ряд показывает последовательные пути развития экологической ситуации: от стадии первичных признаков её ухудшения до кризисной и катастрофической [Беркович, 2001]. Это развитие может быть разной силы, направленности, качества, интенсивности, скорости и времени изменения, а толчком к нему могут выступать как природные, так и антропогенные факторы. Поэтому любое изменение экологической ситуации отдельной геосистемы может носить характер опасности для самой системы и для объектов инфраструктуры и человеческой деятельности в пределах этой системы [Кочуров, 2003].

Для предотвращения негативных и катастрофических изменений стабильной экологической ситуации (или устойчивости геосистемы), необходимо проводить ежегодный мониторинг состояния геосистемы и её компонентов, в том числе и состояние антропогенного компонента, входящего в её состав. Проведение подоб-



ного мониторинга позволяет выявлять те опасности, которые существуют или могут возникнуть в результате естественных или антропогенных изменений на данной территории.

Под опасностью территории В.А. Акимов понимает «состояние территории с наличием источников природной и техногенной опасности» [2004, с.62]. По источнику возникновения выделяют три вида опасности: природные, техногенные и антропогенно-обусловленные. Можно, в свою очередь, выделить опасности, разделяющиеся по характеру воздействия на человека и природную среду: физические, химические, биологические, психофизические и др. Все эти виды опасности являются собой угрозой для человека и природной среды и, следовательно, представляют геэкологическую опасность – «вероятность нарушения и деградации окружающей среды в результате антропогенных воздействий, стихийных бедствий и природных катастроф, приводящих к угрозе человеку и его здоровью» [Кочуров, 2003, с. 356].

Используя геосистемный подход к территории, геэкологической опасностью можно рассматривать как возможную ситуацию ожидаемого неблагоприятного изменения отдельных параметров и свойств геосистемы в результате возникновения в определенном месте и в определенное время какого-либо разрушительного явления или процесса, которые угрожают устойчивому функционированию и развитию этой геосистемы и, соответственно, стабильному социально-экономическому состоянию и здоровью населения. Геэкологическая опасность зависит от вида природных и природно-антропогенных процессов, возникновение и развитие которых обусловлено зональными и азонными физико-географическими факторами, проявляющимися на местности и подчиняющимися географическим законам своего распространения [Заплатинский, 2006; Экологический словарь МЧС, 2010; Акимов, 2004; Чернов, 2009 б].

В государственном стандарте Российской Федерации ГОСТ 22.0.06-95 [1995] природные опасности классифицируют по геосферам (литосфере, атмосфере, гид-

росфере, биосфере), в которых возникают те или иные опасные природные процессы или явления. Таким образом, источниками или факторами природных геоэкологических опасностей являются:

- опасные геологические и геоморфологические явления и процессы – землетрясения, оползни, карст, просадки грунта, размывы или абразионная переработка берегов;
- опасные гидрологические явления и процессы – подтопления, наводнения, цунами и штормовые нагоны воды, ледовые заторы и зажоры, сели и др.;
- опасные метеорологические явления и процессы – сильный ветер, штормы, ураганы, пыльные бури, сильные осадки, гололёд, туман, заморозки, засухи и др.;
- природные лесные и степные пожары;
- опасные биологические явления или процессы – эпизоотии (эпидемии заболеваний животных), эпифитотии (распространение заболеваний растений или увеличение активности вредителей растений), природно-очаговые инфекции и др.

С середины XX века произошла научно-техническая революция, а за ней последовал демографический взрыв, что привело к увеличению антропогенной и техногенной нагрузки на природу. На современном этапе развития технологий отмечаются недостаточный уровень контроля над производством и недостаточно обоснованные схемы технической безопасности на предприятиях, что увеличивает вероятность и частоту возникновения технических аварий и природных катастроф.

Пойменно-русловой комплекс, как и другие геосистемы, подвергается воздействию различных опасностей природного и антропогенно-обусловленного характера. В этой геосистеме, как было сказано раньше, активно взаимодействуют различные природные среды. В связи с этим, происходящие в ней природные процессы (русловые, склоновые, эоловые и др.) могут быть потенциально опасными для человека. В тоже время геосистема реки является довольно уязвимой к антропогенному воздействию, в результате чего опасности могут быть вызваны непосредственным антропогенным вмешательством.

ПРК, как отмечалось выше, формируется, функционирует и развивается соответственно влияющим на них природным и антропогенным факторам, классификация и роль в функционировании ПРК которых были даны ранее. Влияние любого из факторов может выйти за предельно допустимые нормы геоэкологической устойчивости системы реки, тогда этот фактор будет являться опасностью. Необходимо отметить, что реальная опасность существует только при наличии объектов инфраструктуры, в случае их отсутствия, она остается потенциальной [Чернов, 2009 б].

В ПРК природными геоэкологическими опасностями в первую очередь являются формы проявления русловых процессов, которые создают или могут создать угрозу для прибрежной инфраструктуры и человека. К опасным русловым процессам и явлениям относятся: спрямление излучин или смещение русла, переформирование разветвлений, размыв или намыв берегов рек, переформирования аккумулятивных форм руслового рельефа (смещение побочной перекатов, смещение мезо- и микроформ руслового рельефа и др.), катастрофически быстрая аккумуляция наносов, заиление русел малых рек, катастрофические паводки и половодья, быстрое врезание рек, их пересыхание.

Размывы берегов рек, происходящие в ходе естественных горизонтальных русловых деформаций и выражающиеся в смещении русла, спрямлении излучин или переформировании разветвлений, представляют собой большую опасность для человека.

В результате этого процесса могут разрушаться жилые и инженерные объекты, уничтожаться благоприятные для использования в сельском хозяйстве и рекреации земли. Степень опасности размыва берегов и локализация проявления этой опасности зависят от размера реки (малая, средняя или крупная река), морфодинамического типа русла и условий его формирования – гидрологического режима реки, стадии развития русла, геологического строения речной долины и состава руслообразующих наносов и т.д. Размывы берегов отличаются изменчивостью во времени и периодичностью своего развития, что также влияет на оценку степени опасности этого процесса [Беркович и др., 2000].

Переформирования руслового аккумулятивного рельефа могут создавать опасность активизации оползневых, осыпных процессов и размыва берегов, разрушения прибрежной инфраструктуры, развития оврагов, недостаточного или некачественного водоснабжения и др.

Последствия переформирований форм руслового рельефа (смещения побочней, осередков, кос, ленточных гряд и др.) являются опасными при обмелении водозаборов и водовыпусков, акваторий портов, водных подходов к береговым объектам и судовых ходов, а также могут стать причиной возникновения аварийных ситуаций на подводных переходах трубопроводов и линий связи, создать угрозу разрушения мостовых опор и других инженерных объектов.

В отличие от горизонтальных, вертикальные русловые деформации редко являются причинами возникновения геоэкологических опасностей в ПРК, однако при определенных условиях могут иметь катастрофические последствия. Так в горных районах врезание реки может происходить с очень большой скоростью, что может привести к разрушению мостовых переходов или ухудшению водоснабжения населения. В свою очередь, в нижних течениях равнинных рек направленная аккумуляция наносов может носить катастрофический характер и обуславливать опасность обвалования русла, прорыва естественных наложенных береговых валов и дальнейшего уничтожения (смыва) сельскохозяйственных земель и сооружений на пойме. На малых реках, на которых естественная аккумуляция илистых наносов вызывает заиление их русел, может возникать эпидемиологическая опасность ввиду загрязнения воды, а также опасность полного уничтожения реки.

Некоторые неблагоприятные для человека и биоты русловые процессы могут носить только зональный характер своего проявления; к ним относятся пересыхание и промерзание рек. Эти процессы обуславливают опасность недостаточного и некачественного водоснабжения, повышенного уровня загрязнения ПРК, а также опасность деградации биогеоценозов ПРК и др.

В последние годы стала актуальной опасность наводнения во время катастрофических паводков и половодий, приводящие к затоплению населенных пунктов,

сельскохозяйственных земель и объектов инфраструктуры, расположенных на высокой пойме. Важно отметить, что ежегодное затопления низкой поймы катастрофических последствий для человека и его деятельности не приносит, и является необходимым условием для устойчивого развития пойменных ландшафтов. Таким образом, степень опасности наводнения зависит от его частоты, длительности, глубины затопления и высоты пойменного массива [Чернов, 2009б].

Другие рельефообразующие процессы, функционирующие в пределах ПРК, такие как склоновые (оползни, обвалы, осыпи и др.), эоловые, абразионные, мерзлотные, наледные, болотные, биологические – также могут быть причиной возникновения геоэкологических опасностей. Для примера, рассмотрим следующие случаи:

а) наличие вечной мерзлоты определяет особенности функционирования гео-системы реки, которые могут приводить к возникновению опасных природных процессов – развитие мерзлотных форм рельефа на берегах, термоабразию берегов, заболачивание территории и пр.;

б) ледовые процессы – образование речных наледей, зажоров и заторов, могут вызвать увеличение уровня воды в реке во время половодья;

в) склоновые процессы могут вызвать сход обвалов, осypей или оползней, что в свою очередь приводит к разрушению инфраструктуры на берегах, а также ухудшает условия эксплуатации рек;

г) эоловые процессы – дюнообразование, часто встречающееся на берегах рек, может носить катастрофический характер, засыпая пашни, леса и поселения.

Современное геоэкологическое состояние ПРК, как отмечает А.В. Чернов, в большой степени «определяется степенью вмешательства человека в русловые и пойменные процессы», которое «проявляется либо непосредственно через изменение морфологии русла и поймы, либо опосредованно через трансформацию природных факторов русловых процессов» [2009а, с. 523].

Взяв за основу классификацию антропогенных русло- и поймообразующих, а также, экообразующих факторов, влияющих на состояние и функционирование ПРК, можно составить типизацию антропогенно-обусловленных геоэкологических

опасностей, которые при превышении предельно допустимых значений своего воздействия на прибрежные территории, могут вызвать экологическую напряженность. К ним можно отнести следующие виды хозяйственной деятельности, мероприятий и сооружений [Чернов, 2009б]:

1. Опасности, приводящие к изменению факторов русловых и пойменных процессов (изменению стока воды и наносов): некоторые последствия гидротехнического строительства, искусственное обвалование русла, промышленный, коммунальный и ирригационный водозабор и сброс, мелиоративные и лесотехнические мероприятия в бассейнах рек.

2. Опасности, приводящие к изменению морфологии русла и поймы, их деформации: строительство гидротехнических и мелиоративных сооружений, дноуглубительные и выправительные работы, увеличение пропускной способности русел, спрямление излучин, разработки карьеров и добыча полезных ископаемых в русле, искусственное обвалование русла, выращивание с/х культур на пойме, а также локальное строительство на берегах и пойме реки.

3. Опасности, приводящие к локальным изменениям русла в местах их влияния: мостовые и подводные переходы, водозаборные сооружения, инженерные береговые объекты, мероприятия по защите от размыва берегов и др.

4. Опасности, приводящие к нарушению функционирования пойменных ландшафтов, биоценозов: гидротехническое строительство, неконтролируемая хозяйственная деятельность человека, органическое и химическое загрязнение воды в результате промышленного, бытового и других видов сброса загрязненных вод в водотоки, рекреационные зоны возле реки.

Все перечисленные опасности имеют различную силу, характер (прямой или косвенный), масштаб воздействия (региональный, местный) и условия реализации. Эти характеристики зависят от тех физико-географических условий, в которых сформировалась и развивается речная система. Важно отметить, что реализация той или иной геоэкологической опасности, также, как и в случае воздействия факторов, может по-разному влиять на различные компоненты ПРК [Беркович и др., 2000].

В ПРК, которые функционируют в условиях антропогенного воздействия, возникают сложные и устойчивые взаимосвязи природных и антропогенных элементов. В связи с этим, прекращать вмешательство человека в систему нельзя, так как это может привести к ещё большим геоэкологическим проблемам. Более приемлемым способом сохранения геосистемы реки является рациональное использование её ресурсов и снижение экологической напряженности в пределах ПРК.

### **1.2.2. Методы оценки геоэкологического состояния ПРК**

Оценка геоэкологической опасности получила в последние годы большое развитие как метод анализа и прогноза геоэкологической ситуации территории. При оценке геоэкологической опасности становится возможным учесть негативные изменения не только в геосистеме в целом, но и в отдельных её компонентах с учетом природного, техногенного и социального фона территории (этические, исторические, политические особенности, уровень экономического развития населения и пр.) [Кочуров, 2003].

С начала 70-х годов многие научные школы занимались разработкой методов анализа и оценки опасностей. В настоящее время существует множество подходов к этой оценке – основные методы описаны в национальном стандарте Российской Федерации со ссылками на международные стандарты. В соответствии с ГОСТ 31010–2011 [24] методы оценки должны отвечать на основные вопросы, возникающие при анализе вероятности и последствий возникновения опасных процессов и явлений. Решение данной задачи позволяет выбрать наиболее приемлемые схемы действий по предотвращению опасностей или уменьшению неблагоприятных последствий их возникновения. Таким образом, при оценке опасностей, необходимо:

- идентифицировать источники опасностей;
- идентифицировать объекты, подвергающиеся опасности;
- выявить последствия и величину ущерба при возникновении тех или иных опасностей;
- вычислить вероятность возникновения опасных процессов и явлений;
- выявить факторы, которые могут уменьшить вероятность и сократить неблагоприятные последствия возникновения опасных ситуаций.

Выбор метода оценки опасностей зависит от особенностей территории, на которой они выявлены, и от цели проведения и сферы деятельности, где будут использоваться результаты данной оценки. Так оценка может проводиться для предотвращения негативных последствий опасностей для предприятий, отдельных объектов, деятельности на исследуемой территории или для поиска методов обеспечения устойчивости геосистемы.

Оценка может быть качественной, количественной, смешанной и сравнительной. Существует более двадцати методов оценки опасностей, применяемых в мировой практике, которые классифицируют в соответствии с этапом, целями и областью применения данной оценки. Среди них выделяют: методы наблюдения (Контрольные листы, Предварительный анализ опасностей (Preliminary Hazard Analysis (РНА)); вспомогательные методы (метод Делфи (или метод экспертных оценок), структурированный анализ сценариев (Structured what-if technique (SWIFT) и др.); методы анализа сценариев (Анализ опасности и критических контрольных точек (Hazard Analysis and Critical Control Points (НАССР)), анализ сценариев, причинно-следственный анализ, анализ дерева событий (Event Tree Analysis (ЕТА)), анализ дерева неисправностей (Fault Tree Analysis (FTA) и др. ); методы функционального анализа (Анализ «галстук-бабочка», Анализ опасности и критических контрольных точек и др.); статистические методы (Марковский анализ, моделирование методом Монте-Карло, Байесовский анализ) [24].

Также методы оценки опасностей объединяют в следующие группы по уровню возможности, точности, сложности применения, области применения, различным способам получения выходных данных (перечень информации и требований, таблицы, схемы, диаграммы, графики, шкалы, чертежи, технологические карты, матрицы, модели и пр.): феноменологические (описательные), детерминистские, вероятностные (анализ сценариев).

Методы феноменологической группы основываются на определении возможности или невозможности возникновения опасности, исходя из результатов анализа необходимых для этого условий, связанных с реализацией тех или иных законов природы. Основным преимуществом методов данной группы является



простота их применения при достижении надежных результатов, если в наличие достаточно данных о состоянии или процессах исследуемой системы. Основным недостатком методов является их ненадежность, если состояние анализируемой системы находится вблизи границ резкого изменения. Также эти методы плохо подходят при анализе разветвленных процессов реализации опасностей и для сложных многокомпонентных систем. К этой группе можно отнести методы наблюдения и некоторые вспомогательные методы (например, метод Делфи), используемые обычно на первом этапе оценки [Акимов, 2004; Галишев и др., 2013].

Детерминистские методы основываются на анализе последовательности всех этапов развития опасной ситуации. Для этих целей используют методы анализа сценариев, методы функционального анализа и некоторые статистические методы, такие как: методы построения математических и имитационных моделей и др. Эти методы обеспечивают наглядность и детальность полученных результатов оценки, так как они позволяют выявить главные причины, определяющие развитие процесса реализации опасностей. Однако построение достоверных сценариев и моделей является трудной задачей, а для их тестирования требуется проведение сложных и дорогостоящих экспериментальных исследований. Кроме того, детерминистские методы применимы в большей мере для оценки технологических рисков в системах, созданных и контролируемых человеком, чем опасностей, вызванных природными явлениями и процессами [Акимов, 2004; Галишев и др., 2013].

К группе вероятностных методов относят методы анализа сценариев, которые основаны на оценке вероятности возникновения опасного события и расчет относительных вероятностей различных путей развития опасных процессов. Для этого строятся различные схемы сценариев реализации опасностей в виде так называемых «деревьев событий», «деревьев отказов» или «деревьев неисправностей», диаграммы «рыбьего скелета» и др. Также, используя статистическую информацию, выбирается подходящий математический аппарат и оценивается полная вероятность возникновения кризисных ситуаций или аварий. Таким образом, вероятность возникновения опасных явлений или процессов и вероятность реализации неблагоприятных сценариев их развития определяется статистическим анализом

предшествующих опасных событий, а если данных недостаточно – математическими методами, оценивая физические параметры опасных процессов, или методом экспертных оценок, результаты которых передаются вербально или в баллах [Акимов, 2004; Беркович и др., 1993].

Методы вероятностного анализа позволяют наглядно увидеть последовательность событий, их взаимосвязи, учесть различные факторы, а также упростить понимание функционирования системы. Основными недостатками этих методов являются: некоторая неопределенность оценки вероятностей событий в плохо изученных системах, трудность установления учета всех важных факторов и путей развития ситуации, сложность построения схемы или модели на высоком качественном уровне, что требует высокого профессионального уровня экспертов, использующих данные методы [Галишев и др., 2013].

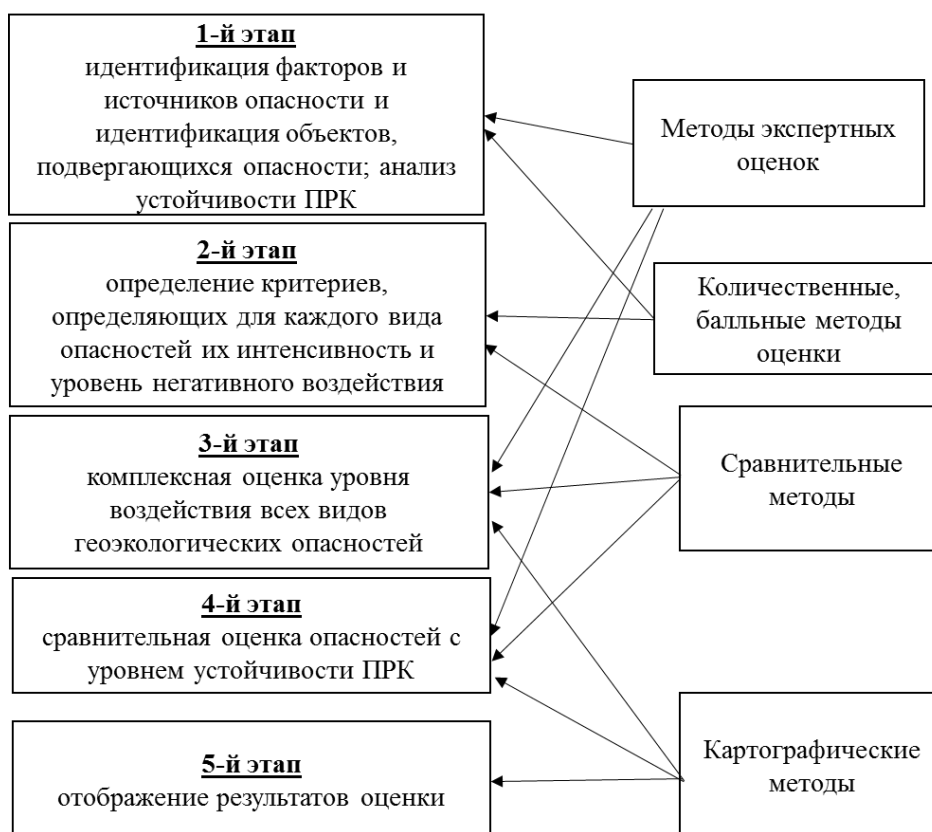
На основе вероятностного метода могут быть построены различные методики оценки опасностей [Акимов, 2004; Галишев и др., 2013; Чернов, 2009б]. Эти методики классифицируют по источнику исходной информации на:

- статистические – используются при оценке по статистической информации о повторяемости опасных событий и их особенностях за предшествующие годы. Математический аппарат для определения частоты опасностей при этом основан на рассмотрении их распределения во времени.
- теоретико-вероятностные (или вероятностно-статистические) – используются при оценке редких опасных событий, событий с тяжелыми последствиями, отдельных видов опасностей, статистическая информация о которых невысока или практически отсутствует. В связи с этим для повышения точности оценки используют различные способы объединения информации (математические методы объединения данных, оценок и комбинированные методы) и привлечения информации о вероятностных распределениях.
- теоретико-статистические – используются при анализе серьезных опасностей, таких как катастрофы. Они являются редким событием, и статистическая информация о них часто отсутствует, и поэтому методы требуют более точного учета.

Для них характерны также значительные колебания оценок вероятности реализации изначительная статистическая неопределенность прогноза. В связи с этим данные методики основаны на использовании математических моделей, использующих закономерности развития опасных событий. Исходные данные для этих моделей берут из анализа источников потенциальной опасности на рассматриваемой территории.

- эвристические (или экспертные) используются при комплексной оценке нескольких видов опасностей, когда отсутствуют не только статистические данные, но и математические модели (либо модели слишком грубы, т.е. их точность низка). При этом вероятные сценарии событий получают в результате проведения экспертных оценок.

В данной работе поставлена задача выбора методов для оценки геоэкологического состояния пойменно-русловых комплексов пограничных рек бассейна Амура. Для решения данной задачи было необходимо определить методы и критерии оценки существующих и потенциальных геоэкологических опасностей (природных и антропогенно-обусловленных) в пределах исследуемой речной системы, которые в настоящее время разработаны недостаточно. В первую очередь был составлен поэтапный план проведения данной оценки и определены методы, используемые на каждом этапе оценки (рис. 3) [Рагозин, 1999; Акимов, 2004; Галишев и др., 2013].



**Рисунок 3. Этапы и методы оценки геоэкологического состояния пойменно-руслowych комплексов (ПРК) реки (составлено автором)**

Первый этап проведения оценки геоэкологического состояния ПРК рек включает выявление факторов и источников опасностей, выделение участков с опасными проявлениями русловых, пойменных, антропогенно-обусловленных и других процессов, идентификация объектов, подвергающихся опасностям, используя индуктивные, картографические и количественные методы оценки, а также ГИС-технологии. На этом этапе проводится анализ вероятности возникновения и потенциальных последствий, выявленных геоэкологических природных и антропогенно-обусловленных опасностей, а также анализ устойчивости ПРК.

Как было установлено выше (п.1.1), выделяют динамическую и экологическую устойчивость отдельных компонентов пойменно-руслового комплекса реки, которые определяют геоэкологическую устойчивость всего комплекса. В работах Л.В. Злотиной и В.В. Иванова [1996], К.М. Берковича, Р.С. Чалова и А.В. Чернова [1996] рассматриваются методы оценки устойчивости русла и поймы. Для оценки динамической устойчивости русла используют число Лохтина ( $L = d/l$ , где  $d$  – сред-

ний диаметр руслообразующих наносов, мм;  $I$  – уклон, ‰) и коэффициент стабильности Н.И. Маккавеева ( $k_c = (d/bI) 1000$ , где  $b$  – ширина русла, м). Экологическая устойчивость русел, определяется путем дешифрирования спутниковых снимков и определения параметров русла на участках естественного его состояния и там, где оно зарегулировано гидротехническими сооружениями с учетом информации о слагающих берега реки породах на каждом из выделенных участков. В дальнейшем путем сравнения интенсивности изменения морфологических параметров русла, определяется степень измененности структуры и особенностей его функционирования.

Динамическая устойчивость поймы оценивается по интенсивности размыва пойменных берегов и по продолжительности и условиям её затопления. Оценка экологической устойчивости поймы проводится путем расчета и анализа длины измененных пойменных берегов, а также площади поймы, которая используется в хозяйственной деятельности человека.

Второй этап оценки – установление критериев, определяющих для каждого вида опасностей их интенсивность и уровень негативного воздействия на состояние речной геосистемы и прибрежной инфраструктуры. Для решения данных задач применяются в основном количественные балльные и сравнительные методы оценки. При проведении оценки отдельные виды геоэкологических опасностей на отдельном участке реки распределяют по группам сравнимых опасных последствий, в каждой из которых свой показатель опасности. Эти показатели могут характеризоваться как физической величиной, так и качественной, выраженной в баллах опасности.

Количественные критерии для каждого вида геоэкологической опасности в ПРК определяются по-разному в зависимости от особенностей их проявления. Например, средняя скорость размыва берегов определяется по сопоставлению топографических, лоцманских карт и аэро- и космических снимков разных лет съемки. При этом имеется в виду, что реальные размывы берегов происходят неравномерно в годы с разной водностью, в разные фазы водного режима, в зависимости от стадии развития излучин и т.д. [Кораблева, Чернов, 2012]. В результате

средняя скорость размыва берегов представляют собой осреднённую за многолетний период характеристику. При отсутствии разновременной картографической информации средняя скорость размыва берегов определяется по методу аналогии, либо с помощью расчетных методов, определяющих связь между порядком реки, её уклоном и скоростью размыва берегов.

Протяженность зон размыва измеряется по космическим снимкам программы «Google Earth» с помощью опции «линейка» и относится ко всей длине каждого морфологически однородного участка. Географическое положение самих морфологически однородных участков предварительно были определены для русел каждой крупной и средней реки бассейна.

Средняя скорость смещения форм руслового рельефа определяется по сопоставлению лоцманских карт и планов перекатов, полученных изыскательскими партиями на водных путях, и по рекам-аналогам.

Темпы периодичности горизонтальных русловых деформаций – это обобщающая характеристика, которая является результатом руслового анализа, т.е. сопряженного анализа сопоставленных карт и снимков русла, планов перекатов и иных данных о руслах рек. Такой анализ проводится для русел средних и больших (как правило, судоходных) рек, на которых русловые деформации и переформирования руслового рельефа происходят настолько быстро, что именно эта форма проявления русловых процессов становится опасной. Русловый анализ производится только при наличии достаточного количества информации о руслах рек, т.е. на средних и крупных судоходных реках. Несудоходные средние реки в бассейне Амура протекают, чаще всего, в скальных берегах, где горизонтальные русловые деформации происходят очень медленно и опасности не представляют.

Интенсивность склоновых процессов, влияющих на русловые деформации и создающих опасность, количественно не оценивается, т.к. эти процессы не являются русловыми. То же можно сказать и об образовании наледей, ледовых заторов и заломов на реках. Однако при общей интегральной оценке геоэкологической опасности они учитываются, т.к. влияют на характер проявления русловых процессов реки.

Одновременно с математическими методами оценки проводят текстовые описания существующих видов опасности в соответствии с экспертным анализом их влияния на геосистему. При экспертной оценке возможно применить методы анализа сценариев и методы построения различных моделей, схем и диаграмм сценариев реализации геоэкологических опасностей в ПРК.

Третий этап – сравнительная оценка опасностей с критическим уровнем устойчивости ПРК.

Четвертый этап составляет комплексная оценка уровня воздействия всех видов геоэкологических опасностей, а также определения уровня геоэкологической напряженности в пределах ПРК. На этом этапе определяется характер геоэкологического состояния территории.

Для проведения комплексной оценки уровня воздействия всех видов геоэкологических опасностей на состояние бассейнов крупных и средних рек, используются балльные методы оценки с учетом региональных особенностей территории. Эти методы позволяют сравнить и сопоставить между собой все виды опасностей, критерии оценки которых часто рассматриваются в несравнимых единицах измерения. В основе методики геоэкологической оценки состояния речной геосистемы в данной работе была доработана и использована методика балльной оценки, разработанная К.М. Берковичем, Р.С. Чаловым и А.В. Черновым [Беркович и др., 1996].

В начале оценки исследуемая территория разделяется на относительно однородные участки по преобладающему типу ПРК, при этом учитывается степень его устойчивости. Далее для каждого потенциально опасного процесса и явления в ПРК экспертно и количественно определяются критерии, которые ранжируются по 5-балльной шкале. Таким образом определяются частные баллы степени воздействия каждого вида опасностей на геоэкологическое состояние реки. Затем на каждом участке проводится оценка всех видов геоэкологической природной и антропогенно-обусловленной опасности по формуле:

$$B_i = \sum_{i=1}^n (b_n \times k_i), \quad (1)$$

где  $b_n$  – частный балл, присвоенный определенному виду опасности на участке,  $k_i$  – поправочный коэффициент, определенный для каждого вида опасности с учетом региональных особенностей исследуемой территории (таблица 1).

**Таблица 1. Поправочные коэффициенты для каждого вида опасности в пограничной части бассейна Амура [Беркович и др., 2000]**

Виды геоэкологических опасностей	Весовой коэффициент
Размывы или намыв берегов рек	1,0
Спрявление излучин, переформирование разветвлений или смещение русла	1,0
Переформирование или смещение аккумулятивных форм руслового рельефа	1,0
Катастрофически быстрая аккумуляция наносов	0,8
Затопление поймы	0,6
Последствия рельефообразующих процессов (склоновых (оползни, обвалы, осыпи и др.), эоловых, наледных, болотных, биологических).	0,4
Механические изменения русел	1,0
Использование русел для промышленного стока	1,0
Последствия гидротехнического строительства	0,8
Использование русел для бытового стока	0,8
Добыча полезных ископаемых	0,6
Берегоукрепление	0,5
Последствие водозабора	0,4
Механическое изменение пойм для хозяйственных нужд	1,0
Строительство на пойме	0,6
Изменение пойменных ландшафтов при сельскохозяйственном использовании	0,5
Наличие спорных территорий между государствами	0,5

В заключении, проводится комплексная оценка влияния выявленных опасностей на выделенных участках путем вычисления величины интегрального геоэкологического состояния территории по следующей формуле:

$$\text{ИГС} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n}, \quad (2)$$



где  $B_i$  – относительная оценка геоэкологической опасности по 5-балльной шкале;  $n$  – количество анализируемых выявленных опасностей на каждом участке реки. В результате, величина интегрального геоэкологического состояния прямо пропорциональна росту степени неблагоприятного состояния исследуемой территории, так: 0 баллам соответствует территория с удовлетворительной геоэкологической ситуацией и отсутствием негативных последствий для человека естественного развития русла или его неизменённостью хозяйственной деятельностью, а 5 баллам – территория с катастрофической экологической ситуацией и максимальным проявлением в речной геосистеме или в регионе неблагоприятных изменений и последствий.

Пятый этап оценки – регистрация или отображение результатов оценки, которые должны быть выражены понятно и точно. Степень точности зависит от целей и области проведения оценки. В случае если она проводится систематически, то её результаты должны быть запечатлены способом, позволяющим использовать полученные данные на каждом этапе жизненного цикла системы. Одним из наиболее удобных способов, решающих эти задачи, является отображение результатов оценки, используя картографические методы и ГИС-технологии. Они позволяют собрать всю полученную информацию о существующих геоэкологических опасностях в единую базу данных, позволяющую актуализировать оценку сообразно поступлению новой информации, подстраиваться под изменение требований и области применения анализа, а также строить прогноз развития состояния территории [Кочуров, 2009].

Путем обобщения получаемых данных создаются тематические средне- и мелкомасштабные карты, отображающие условия и факторы опасностей, пространственное изменение их качественных показателей, социально-экономические характеристики и потенциальные ущербы от реализации опасностей на определенной территории. На крупных реках для отображения геоэкологической ситуации на выделенных участках используется цветовой фон, который соотносится с определенными значениями показателя интегрального геоэкологического состояния, вы-

раженного в баллах. Также на карте возможно отобразить населенные пункты, показывающие плотность населения на прибрежной территории; объекты инфраструктуры, подвергающиеся какой-либо природной опасности или наоборот создающие угрозу для возникновения антропогенно-обусловленной опасности для ПРК; виды сельскохозяйственного использования пойм, места механического изменения русел рек. Картографические методы позволяют сравнить территориальное распространения участков, характеризующихся различным геоэкологическим состоянием и выявить локальное расположение мест с наибольшей степенью опасности [Фролова и др., 2014; Губарева, Чернов, 2015]. На основе карты геоэкологического состояния территории в дальнейшем возможно создание ГИС (геоинформационных систем), которые позволяют хранить и анализировать большее количество информации и за разное время, а также вносить обновленные данные о состоянии геосистемы.

Оценка геоэкологического состояния ПРК в дальнейшем может быть использована для разработки плана действий по предотвращению или снижению опасностей в пределах исследуемых речных систем.

## ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАСЕЙНА АМУРА

### 2.1. Географическое положение

Бассейн реки Амур расположен на восточной окраине Азии и относится к южной части Дальнего Востока. Территория бассейна простирается в широтном направлении и ограничена  $41 - 55^\circ$  северной широты и  $121 - 141^\circ$  восточной долготы. Бассейн реки имеет ассиметричную форму, вытянут с севера на юг на 1000 км и с запада на восток на 2000 км (рис. 4).



Рисунок 4. Бассейн реки Амур

Амурский бассейн граничит с бассейнами рек, впадающими в пять морей – Карское, Лаптевых, Охотское, Японское и Желтое, а также с обширной бессточной областью Центральной Азии.

Бассейн Амура является трансграничным: 995 тысяч км<sup>2</sup> (54 %) его площади принадлежит Российской Федерации, 823 тыс. км<sup>2</sup> (44 %) – Китайской Народной Республике (КНР), 33 тыс. км<sup>2</sup> (1,7 %) – Монгольской Республике, 3 500 км<sup>2</sup> (0,2 %) – Корейской Народно-Демократической Республике (рис.11).

Исследуемая в данной работе часть бассейна Амура занимает пограничное положение между Россией и Китаем; к ней относятся верхнее и среднее течение реки Амур (от места слияния Шилки и Аргуни до устья Уссури), среднее и нижнее течение реки Уссури, река Сунгача. Протяжённость пограничной части бассейна составляет около 3 000 км; она расположена в пяти административно-территориальных субъектах Российской Федерации и двух крупных субъектах Китая (таблица 2).

**Таблица 2. Административное положение исследуемой части бассейна Амура (верхнее и среднее течение), р.Уссури (среднее и нижнее течение), р.Сунгачи в субъектах России и Китая (составлено автором)**

Россия		Китай	
Название субъекта	Длина рек в пределах субъекта*	Название субъекта	Длина рек в пределах субъекта*
Забайкальский край	59	Автономный район Внутренняя Монголия (Нинся-Хуэйский)	59
Амурская область	1194	Провинция Хэйлунцзян	2460
Еврейская автономная область	581		
Хабаровский край	261		
Приморский край (реки Уссури и Сунгача)	424		

*\*длина по субъектам дана в пределах исследуемой части бассейна*

Бассейн Амура находится в умеренном климатическом поясе и области муссонного климата. Большая часть бассейна расположена в пределах горных областей с преобладанием в высотном спектре поясов таёжных и широколиственных лесов; на равнинах преобладают лесостепные, болотные и луговые ландшафты.

Согласно схемам физико-географического районирования России, бассейн реки Амур (без бассейнов Шилки и Аргуни) расположен в Амуру-Сахалинской физико-географической стране. Рассматривая районирование, составленное группой авторов для Национального Атласа России [2008], территория, в пределах которой расположен бассейн Амура, разделена на 9 областей: 4 горных, 1 горно-котловинную, 1 межгорно-котловинную, 1 горно-равнинную

и 2 равнинные области (рис. 5). Они различаются между собой в первую очередь генезисом и структурой горных или равнинных ландшафтов. Однако, некоторые другие авторы физико-географического районирования России (Э.М. Раковская и М.И. Давыдова) отмечают, что термин «равнинная область» не может быть использован в связи с тем, что при выделении ландшафтных единиц второго ранга в горах и на равнинах лежат различные признаки. В районировании данных авторов в Амуро-Сахалинской физико-географической стране выделено 5 областей, 4 из которых расположены в пределах бассейна Амура (рис. 6), и уже внутри этих областей выделяются провинции для равнинных стран и области или провинции для горных [Раковская, Давыдова, 2003].

В данной работе при характеристике бассейна реки Амур и оценке геоэкологических опасностей на его территории используется районирование, данное в Национальном атласе России, так как границы областей в большей степени совпадают с границами районов, выделенных в районировании бассейна по геолого-геоморфологическим условиям формирования речных русел и пойм на российской части амурского бассейна, составленного сотрудниками НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева [Русловые процессы..., 1990].



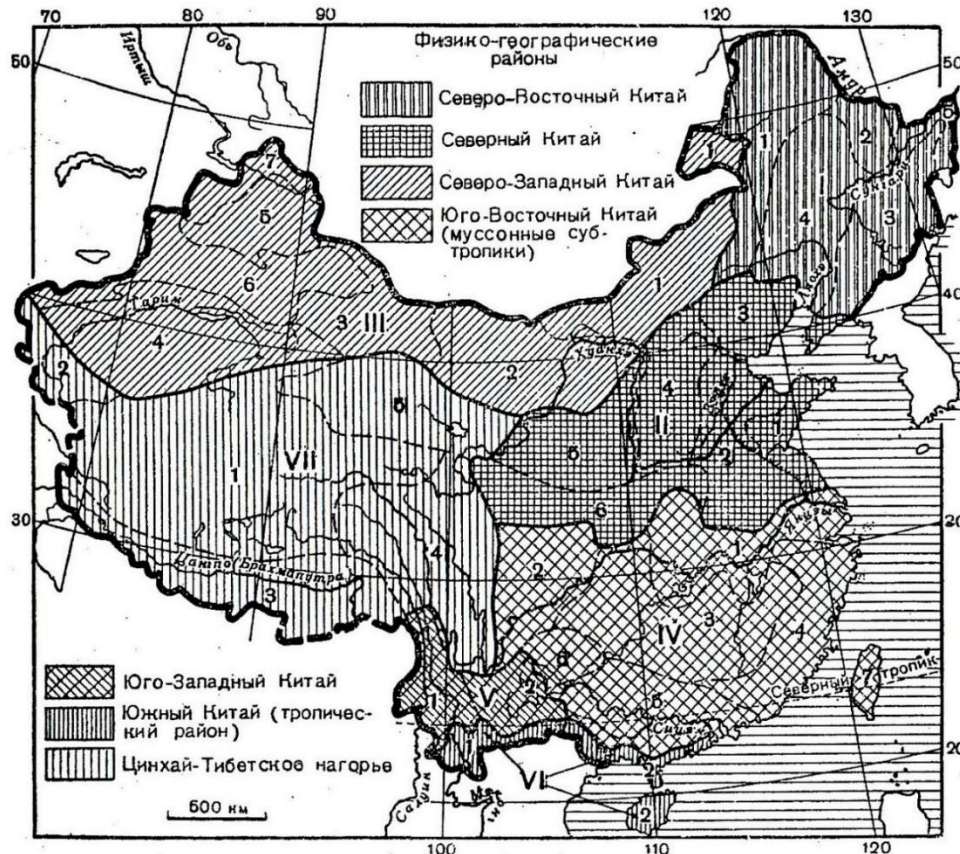






Рисунок 6. Физико-географическое районирование России [Раковская, Давыдова, 2003]

В связи с тем, что на формирование водности, а также на развитие пойменно-русловых комплексов реки Амур оказывает влияние не только территория, расположенная на левом российском берегу, но и правобережная китайская территория, в дальнейшем при дополнении схемы районирования бассейна по геолого-геоморфологическим условиям формирования речных русел и пойм было использовано физико-географическое районирование территории Китая, составленное В.Т. Зайчиковым (рис. 7) [1964].



**Рисунок 7. Схема физико-географических районов Китая:** I. Северо-Восточный Китай: 1. Большой Хинган, 2. Малый Хинган, 3. Восточноманьчжурские горы, 4. Северо-Восточная равнина, 5. Саньцзянская и Северо-Ханкайская равнина [Зайчиков, 1964]

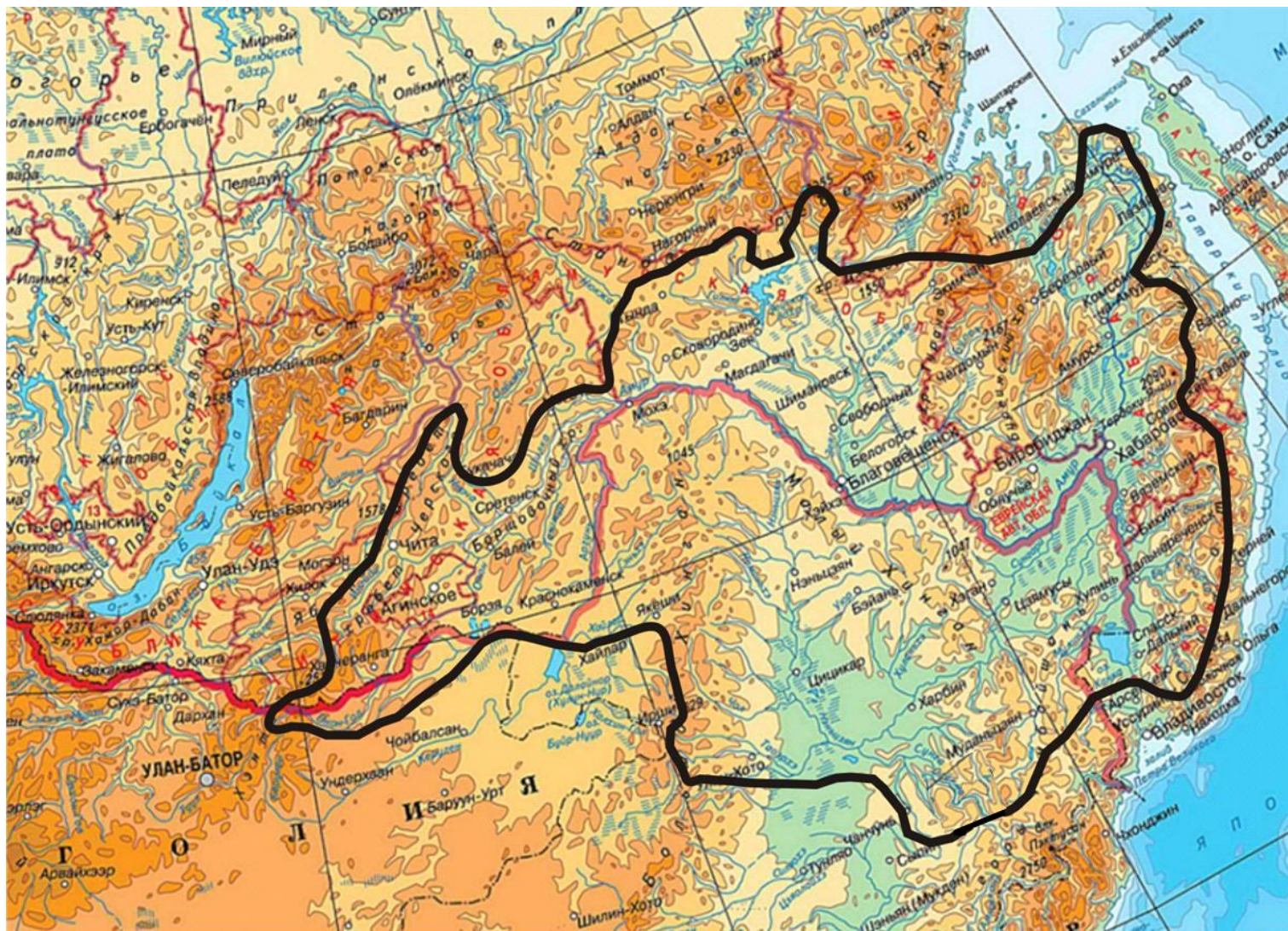
В основе данного районирования лежит сельскохозяйственное районирование, выполненное китайскими учеными, а также биоклиматические и оротектонические (морфотектонические) особенности территории страны. Часть бассейна Амура в пределах КНР расположена в области Северо-Восточного Китая и выделенных внутри неё четырёх районов: Большой Хинган, Малый Хинган, Восточноманьчжурские горы, Саньцзянская и Северо-Ханкайская равнина.



## 2.2. Геолого-геоморфологическое строение

Бассейн реки Амур имеет сложное геолого-геоморфологическое строение (рис. 8). С севера и северо-запада водосборная площадь бассейна ограничена горной системой хребтов: Яблонового, Черского, Станового и Джугджур, отделяющих бассейн Амура от бассейнов рек Северного Ледовитого океана. Южнее этих горных систем расположены Верхне-Зейская и возвышенные Амурско-Зейская и Зейско-Селемджинская равнины, которые разделяет система хребтов Янкан, Тукурингра, Соктахан и Джагды (Селемджинский). На западе и юго-западе бассейн ограничен хребтами северо-восточного Забайкалья (Газимурский, Амазарский, Чикоконский, Чатангинский и др.), отделяющими его от Байкальского бассейна. В направлении с юга на юго-восток граница бассейна проходит по бессточной Восточно-Монгольской равнине, через систему Большого Хингана, Малого Хингана и равнину Сун-Ляо (Маньчжурская или Северо-Восточная), по Восточно-Маньчжурским горам. На юго-востоке и востоке граница проходит по водораздельной линии горной системы Сихотэ-Алиня.

Горные хребты имеют в основном северо-восточное направление, их высота в среднем составляет от 500 до 2500 м. Они расчленяют низменную часть на отдельные обширные аккумулятивные равнины, которые расположены вдоль основного русла Амура и его основных притоков. Высота поверхности на равнинах колеблется от 300–500 м до 500–1000 м. Наиболее крупная из низменных равнин – Зейско-Буреинская, восточнее расположены Среднеамурская и Нижнеамурская низменности, а в бассейне р. Уссури – Нижне-Уссурийская, Сунгарийская (Саньцзянпинъюаньская) и Приханкайская. Правый берег реки Амур расположен в пределах равнины Сун-Ляо, которая занимает большую часть северо-восточного Китая.



 граница бассейна реки Амур

Масштаб 1:15 000 000

Рисунок 8. Орографическая карта территории бассейна Амура [Национальный атлас..., 2008]

Бассейн реки Амур начал формироваться в меловой период около 70-80 миллионов лет назад на границе Евразийской и Тихоокеанской литосферных плит, которая тогда проходила в районе современного Малого Хингана [Худяков и др., 1972]. В геолого-тектоническом отношении большая часть бассейна относится к Монголо-Охотской и Сихотэ-Алинской складчатой областям и характеризуется сложным сочетанием прогибов и поднятий (рис. 9) [Геология СССР, 1969; Вольский и др., 2009, 2012; Белянский и др., 2011].

Северо-западную часть амурского бассейна занимает Монголо-Охотская складчатая область. Она разделена на две крупные системы: Монголо-Забайкальскую и Амуро-Охотскую. Хребты этих складчатых систем сложены докембрийскими осадочными и палеозойскими терригенно-кремнисто-карбонатными отложениями. Прогибы заняты морскими юрскими песчано-сланцевыми отложениями, перекрытыми континентальными меловыми и палеогеновыми песчаниками и галечниками.

Южная и юго-восточная часть бассейна, расположенная в Сихотэ-Алинской складчатой области, сложена позднемезозойскими осадочными отложениями, представленными песчаниками, сланцами, а также интрузивными (граниты и др.) и эффузивными (порфириты, базальты, андезиты) породами.

В пределах рассматриваемой территории бассейна Амура выделяют также крупные структуры – домезозойские срединные массивы – Северо-Маньчжурский, Буреинский и Ханкайский. В их основании залегают породы протерозоя и архея, представленные гнейсами, гранито-гнейсами, амфиболитами, кристаллическими сланцами и кварцитами. Эти отложения на Северо-Маньчжурском массиве перекрывают эффузивные отложения; на Буреинском массиве в западной части – рыхлыми меловыми, палеоген-неогеновыми отложениями, а на остальной его части – протерозойскими метаморфизованными толщами.



### Области позднемезозойской (ларамийской) складчатости

#### АМУРСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ ОБЛАСТЬ

- Монголо-Забайкальская складчатая система
- Сихотэ-Алиньская складчатая система
- Амуро-Охотская складчатая система
- Буреинский массив
- Аргунский массив
- Ханкайский массив

- Приморская структурная терраса

#### Глубоководные бассейны Северного Ледовитого Океана

##### ЕВРАЗИЙСКИЙ И АМЕРАЗИЙСКИЙ БАСЕЙНЫ

- котловины, периокеанические прогибы и впадины срединно-океанического хребта Гаккеля, поднятия Ломоносова и Менделеева
- рифтовая система хребта Гаккеля

#### Окраинно-морские бассейны Тихого океана

##### ОХОТОМОРСКИЙ БАСЕЙН

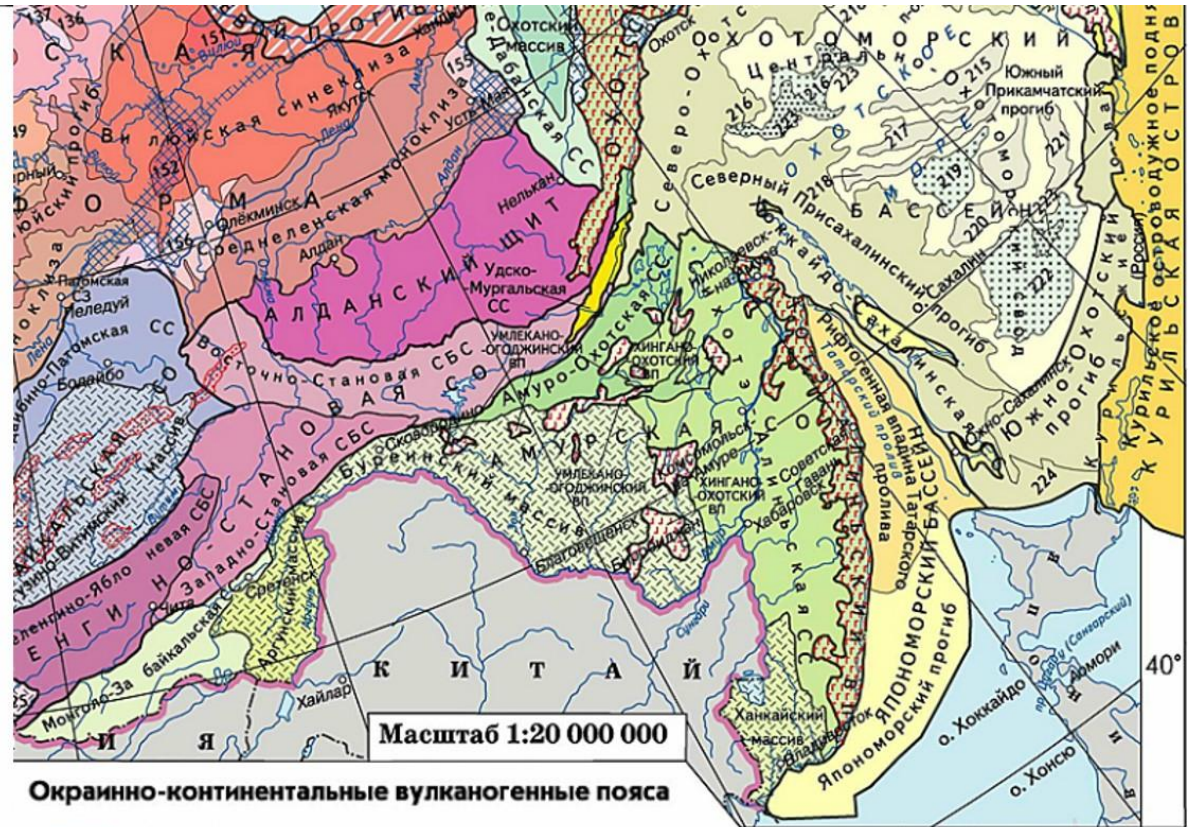
- Центрально-Охотоморский свод
- поднятия на своде
- выступы фундамента на своде
- тафрогенные впадины на своде
- Система окраинных прогибов

##### ЯПОНОМОРСКИЙ БАСЕЙН

- Япономорский прогиб
- Рифтогенная впадина Татарского пролива

##### БЕРИНГОВОМОРСКИЙ БАСЕЙН

- Берингоморский прогиб
- Глубоководные котловины (Алеутская, Командорская)



#### Окраинно-континентальные вулканогенные пояса

- кайнозойские
- мезозойские

ВП - вулканогенный пояс

СБС - складчато-блоковая система

СЗ - складчатая зона

СО - складчатая область

СС - складчатая система

Рисунок 9. Фрагмент карты тектонического районирования России [Национальный атлас..., 2008]

В пределах данных крупных геологических структур расположены мезозойские прогибы (Буреинский) и кайнозойские впадины (Среднеамурская, Зейско-Буреинская и др.), сложенные терригенными осадочными породами. На большей части территории бассейна Амура палеозойские и мезозойские отложения перекрыты неогеновыми и четвертичными осадочными породами, в которых выработаны основные речные долины бассейна. Эти породы имеют аллювиальный, озерно-аллювиальный, озерный, реже ледниковый и болотный генезис и различаются по степени их размываемости водным потоком. По классификации Ц.Е. Мирцхулавы [1967] осадочные породы четвертичного периода в бассейне Амура можно разделить на несколько типов по величине допускаемой неразмывающей скорости потока (ДНС) на:

- тяжелые валунные суглинки, галечниковые и гравийные грунты с величиной ДНС равной 1,0–1,3 м/с, входящие в состав аллювиальных и озёрно-аллювиальных отложений;
- суглинки безвалунные и среднеплотные глины с ДНС – 0,55–1,0 м/с, входящие в основном в состав озёрных отложений;
- лёссы и лессовидные суглинки с ДНС – 0,65–0,75 м/с, относящиеся к лёссоидам;
- пески и супеси, алевриты с ДНС – 0,30–0,55 м/с, входящие в состав аллювиальных, озёрных, озёрно-аллювиальных отложений;
- торф и торфяники с предельным сопротивлением грунта в зависимости от степени разложения по А.Ф. Печурову [1964] – 0,6 м/с, слагающие болотные и озёрные отложения.

Водораздельные поверхности или аккумулятивную часть цокольных террас рек на Амуро-Зейском плато, на левобережье р. Буреи и р. Амгуни слагают аллювиальные отложения нижнего плейстоцена ( $aQ_1$ ). Эти отложения представлены гравийно-галечными песками, галечниками, алевритами, суглинками и глинами, их мощность – от 10 до 60 м. В нижнем течении крупных рек и в пределах обширных низменностей они перекрыты молодыми четвертичными отложениями [Петрук и др., 2012].

Долины рек бассейна Амура сложены различными четвертичными отложениями. Аллювиальные ( $aQ_{II}$ ), озерно-аллювиальные ( $laQ_{II}$ ) и озерные отложения ( $lQ_{II}$ ) среднего плейстоцена слагают поверхность четвертой и пятой надпойменных террас р.Амура, р.Зеи и их притоков в пределах Зейско-Буреинской равнины, а также фрагменты третьей надпойменной террасы притоков Нижнего Амура. Эти отложения представлены в долинах рек на Зейско-Буреинской равнине – грубообломочными осадками русловой фации, перекрытыми песками, супесями и суглинками пойменных фаций, а также фациями старичных озер; в долинах рек бассейна Нижнего Амура, дренирующих низменности – глинами и глинистыми песками, в пределах обрамляющих низменности низкогорий – галечниками. Мощность этих отложений составляет от 25–30 м. В бассейне рек Уссури, Сунгачи и на Приханкайской равнине отложения этого времени перекрыты более молодыми осадками (за исключением бассейна р. Хор) [Белянский и др., 2011; Вольский и др., 2009, 2012].

Аллювиальные ( $aQ_{III}$ ), озерно-аллювиальные ( $laQ_{III}$ ), болотные ( $plQ_{III}$ ) отложения позднего плейстоцена слагают первую террасу р.Амура и вторые надпойменные террасы других рек бассейна в пределах озёрно-аллювиальных равнин – Среднеамурской и Сун-Ляо, а также частично погребённые террасы в нижнем течении рек бассейна Уссури. Верхняя часть этих отложений представлена в основном глинами с прослоями алевритов и мелкозернистых песков, в нижней части – разнозернистыми песками с гравием и прослоями гравийников и галечников. Мощность отложений в среднем составляет 25–50 м. В пределах Нижнеуссурийской и Приханкайской низменностей на поймах рек отложения представлены суглинками [Коваленко и др., 2011].

Аллювиальные ( $aQ_{IV}$ ) отложения голоцена слагают первые надпойменные террасы, высокие и низкие поймы рек бассейна на низменных равнинах, а также формы аккумулятивного руслового рельефа – осередки и побочни перекатов, косы и пляжи. В верхнем и среднем течении рек в горных и предгорных районах в состав отложений входят галечники валунные, гравийно-галечниковый и песчано-галечниковый материал с встречающимися валунами и маломощными слоями алевритов

и среднезернистых песков русловой фации в нижней части разрезов; глинисто-песчано-алевритовый, суглинки и супеси с включением гальки пойменной фации в верхней части. В нижнем течении рек фациальные различия сглаживаются и в составе отложений представлены пески, супеси, глины, а также встречаются прослойки илов и торфа. Мощность аллювиальных отложений на первых надпойменных террасах рек может достигать 42 м, а на высокой и низкой поймах – до 28 м. Кроме того, в бассейне рек Амура встречаются делювиальные и пролювиальные (d, p Q<sub>III-H</sub>), болотные (plQ<sub>H</sub>) и ледниковые (gQ<sub>III</sub>) отложения [Белянский и др., 2011; Сидоренко, 1966].

Ледниковые отложения, представленные моренными комплексами с преобладанием валунников, развиты в верхнем течении долин рек амурского бассейна, начинающиеся на склонах высоких гор, где в четвертичное время были ледники. Мощность этих отложений достигает 80 м.

Делювиальные и пролювиальные отложения (d, p Q<sub>III-H</sub>) образуют шлейфы у подножий пологих склонов (5–15°), где они сливаются с отложениями временных или постоянных водотоков. Делювиально-пролювиальные шлейфы сложены суглинками, глинистыми разномернистыми песками, часто со щебнем и песчанистыми глинами. Часто в этих шлейфах встречаются крупные обломки подстилающих докайнозойских пород или галька из рыхлых кайнозойских отложений. Мощность отложений — до 25 м [Петрук и др., 2009, 2012].

Болотные отложения представлены торфом, торфяниками и илами, формирующимися обычно в старичных понижениях аллювиальных террас, русловых ложбинах и в заболоченной прибрежной равнине оз. Ханка. Мощность торфяников — до 2 м.

В настоящее время в бассейне Амура происходит современное осадконакопление аллювиальных, озерных, делювиальных, коллювиальных и элювиальных отложений, а также неотектонические движения [Худяков, 1977; Смирнова, 1984; Петрук и др., 2012].

Долгая история развития, разнообразные неотектонические и экзогенные процессы, четвертичное оледенение, охватившее горные районы, обусловили разнообразие рельефа и гидрографической структуры бассейна. В целом, рельеф бассейна Амура характеризуется сочетанием возвышенных плато, средневысотных гор, гряд, увалов и обширных низменных равнин. Строение долины реки Амур также неоднородное и зависит от расположения в пределах той или иной морфоструктуры.

В горных областях бассейна Амура наибольшее распространение получили денудационные обвально-осыпные, оползневые, эрозионные и аккумулятивные процессы, которые формируют поверхности и склоны возвышенностей, холмов, увалов и сопок, а также эрозионно-денудационные склоны междуречий и речных долин. Северные и северо-западные горные области – Тукурингра-Джагдинскую, Верхнезейско-Удскую и Буреинскую – занимают средневысотные сводово-глыбовые горы, которые также встречаются и в пределах Амура-Зейской котловинной области. Рельеф денудационных поверхностей и склоны здесь, в основном, осложнены процессами глубинной эрозии, плоскостного смыва и солифлюкции [Петрук и др., 2012; Махинов, Лю Шугуан, 2013]. В южных и юго-восточных горных областях – Сихотэ-Алинской, Восточно-Маньчжурских гор, Большого и Малого Хингана, денудационные обвально-осыпные процессы. Горные склоны различной крутизны (от 5 до 25°) расчленены эрозионной сетью, а их морфологический облик зависит от слагающих их пород. Речные долины здесь, как правило, имеют V-образную форму, небольшой ширины (от 5 до 10 км) со слабым развитием или полным отсутствием пойменных массивов. Руслу в них узкие от 500 м до 1 км и отличаются невыработанными, крутыми и ступенчатыми продольными профилями. К руслу реки на таких участках примыкают крутые склоны горных массивов. Террасы пространственно приурочены к устьям притоков и существенно преобразованы склоновыми процессами. Здесь представлены цокольные террасы двух уровней высотой 20–25 и 50–60 м.



На равнинах в речных долинах господствующими экзогенными процессами являются – боковая эрозия, сопровождаемая аккумуляцией наносов, а также склоновые процессы плоскостного смыва, дефлюкция (крип) на бортах долин и в самих долинах – эоловые процессы [Никольская, 1972]. Эти процессы распространены в большей степени на поверхности наиболее крупных в бассейне равнинных морфоструктур следующих физико-географических областей: Буреинской, Среднеамурской, Нижнеамурской и Сун-Ляо. На их территории располагаются обширные низменности, в наиболее пониженных частях которых расположена широкопойменная долина Амура (ширина 40–50 км) с серией аккумулятивных террас, врезанные в поверхность древней аккумулятивной равнины. Днище долины принадлежит современной и древней пойме Амура и имеет неровный бугристо-гривисто-западинный характер с веерами блуждания и большим количеством староречий и промоин в пределах низкой поймы, а также с часто заболоченными старичными понижениями и озерами в пределах высокой поймы. Русло здесь извилистое с многочисленными протоками, островами и другими формами современного флювиального рельефа [Петрук и др., 2012; Махинов, Лю Шугуан, 2013].

Наиболее сложное строение долина Амура имеет в пределах Среднеамурской низменности. Ниже устья р.Сунгари террасы отсутствуют, а днище речной долины занимает обширная аллювиальная равнина, высота поверхности которой расположена на уровне поймы, поэтому во время высоких паводков затапливается. Центральная часть ее представлена аллювиальными равнинами, за пределами которых значительную площадь занимают заболоченные понижения днищ древних верхне-четвертичных озер.

Также, в пределах наиболее низкой части равнины Сун-Ляо и Приханкайской равнинной области расположены сильно заболоченные низменности, на поверхности которых распространены процессы органогенного рельефообразования – формирование торфяных бугров, гряд и болот [Зайчиков, 1964].

### 2.3. Климатические условия

Климатические условия, в которых расположен бассейн Амура, определяются его положением на юго-восточной окраине Евразии, граничащей с Тихим океаном, сложным, преимущественно горным рельефом, муссонным характером циркуляции атмосферы и циклонической деятельностью летом. Бассейн находится в континентальной восточно-сибирской и муссонной дальневосточной климатических областях умеренного пояса [Алисов, 1956; Национальный атлас..., 2008]. Климат территории бассейна определяется воздействием как океанических, так и континентальных факторов. Он представлен муссонным типом климата умеренных широт и формируется в первую очередь под влиянием воздушных масс, образующихся за пределами региона в разные сезоны года. Зимой на территорию приходят холодные и сухие воздушные массы из Азиатского максимума – зимний муссон, летом – влажные и теплые массы из Северо-Тихоокеанского максимума – летний муссон (рис. 10) [Алисов, 1956; Хромов, Петросянц, 2006].

Большую часть зимы бассейн Амура занят восточной периферией азиатского антициклона; преобладающее направление ветров северное и северо-западное. Летом характерна циклоническая деятельность, развивающаяся на полярном и арктических фронтах; преобладающее направление ветров – юго-западные и западные. Таким образом, процессы циркуляции атмосферы в бассейне Амура играют ведущую роль в формировании температурного режима и получении большого количества влаги в летний период.

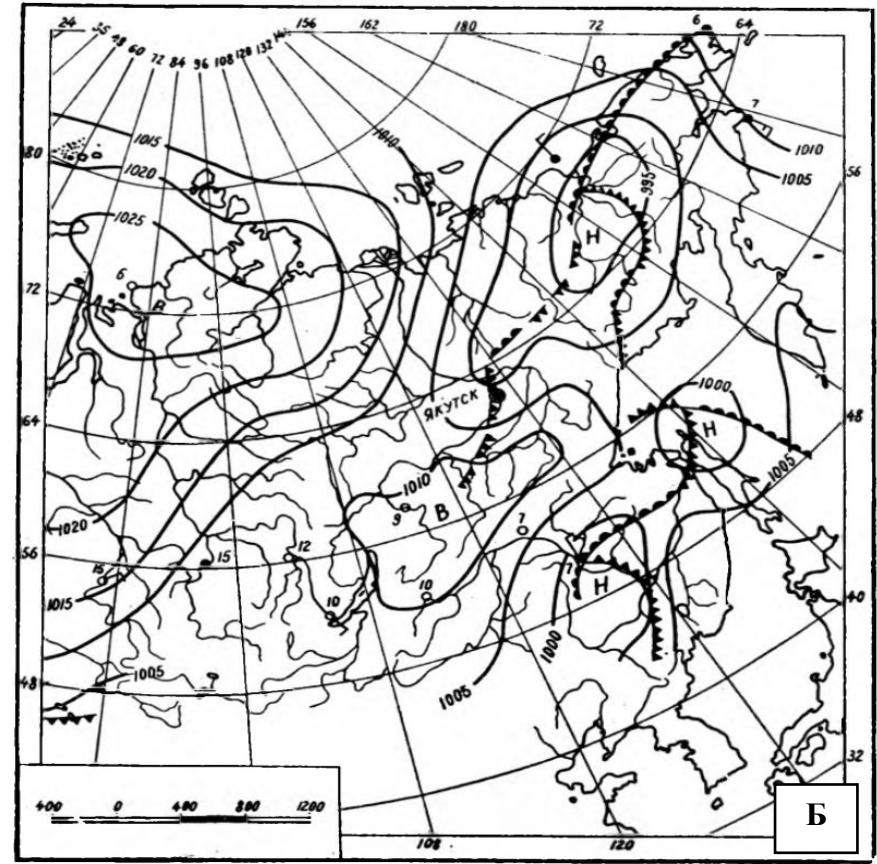
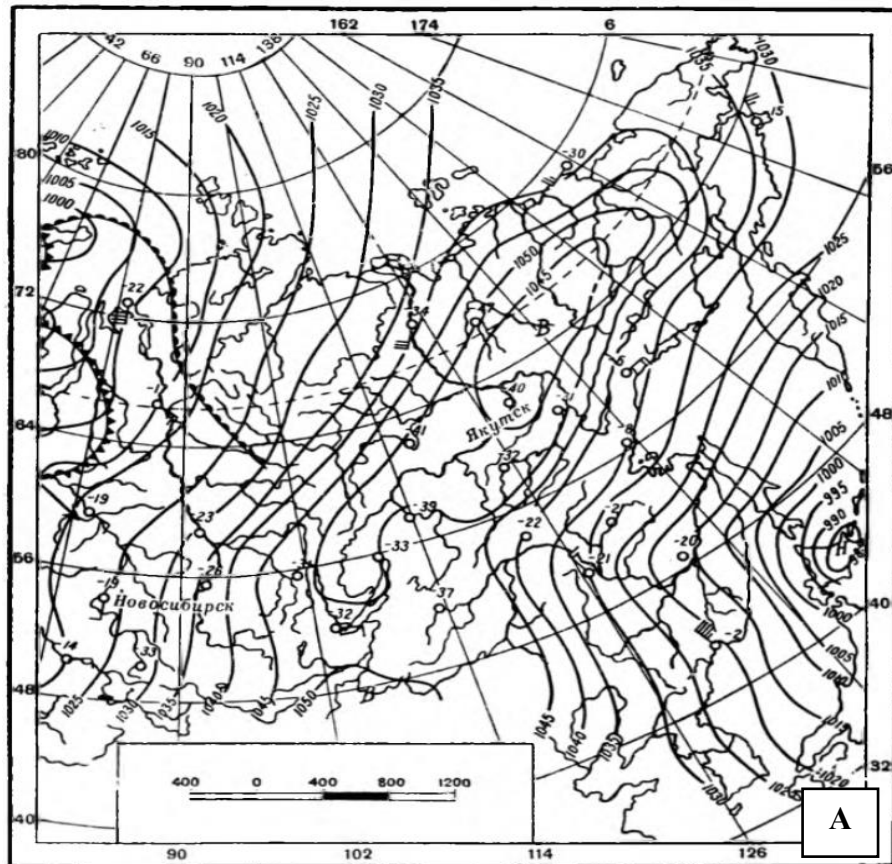


Рисунок 10. Циклоническая деятельность на Дальнем Востоке: А. развития зимнего муссона; Б. развития летнего муссона [Алисов, 1956]

Температурный режим имеет значительные различия в разных частях бассейна. Зимний температурный режим зависит в большей степени от циркуляционных условий и в меньшей степени от радиационных. Влияние радиационного фактора становится значительным в начале весны и в конце осени [Алисов, 1956].

В северной части бассейна Амура годовая сумма солнечной радиации составляет 65–70 ккал/см<sup>2</sup>, в южной – 105–110 ккал/см<sup>2</sup>. Эти значения объясняют разницу среднегодовых температур в северной и южной части бассейна. Переход температуры через 0° происходит в начале–середине октября. Несмотря на то, что бассейн Амура сильно вытянут с запада на восток, в северной его части переход в отрицательные значения температур начинается всего на неделю раньше, чем в южной. Средняя температура января на севере -20–25°, юге -10–18°. Наиболее холодными месяцами являются декабрь и январь. Наименьшие средние значения января отмечаются в горных частях бассейна и составляют -27°–29°. Максимальные отрицательные значения в условиях горного рельефа могут составлять до -52°–56°, на равнинах – до -43°. Значительные понижения температуры также определяются преобладанием в течение зимнего периода континентального умеренного воздуха.

Значительное количество солнечной радиации, поступающее на территорию в летние месяцы, определяет высокие температуры. Средняя температура июля составляет +10–12° на севере, +18–21° на юге. Максимальные температуры могут превышать +30–33° [Алисов, 1956; Национальный атлас..., 2008].

Территория бассейна Амура расположена в зоне достаточного или избыточного увлажнения летом и недостаточного – зимой и весной. Средняя относительная влажность воздуха в течение года изменяется от 60 до 80% [Зонов, 1990]. Значительные показатели влажности объясняются обилием осадков в летний период, а уменьшение влажности зимой – низкими температурами. Влажность воздуха увеличивается по направлению с севера на юг.

Муссонная циркуляция, циклоническая деятельность и характер рельефа в бассейне определяют неравномерное количество и режим выпадения осадков по сезонам года и по территории. Годовое количество осадков увеличивается с севера на юг и с запада на восток: на равнинах – от 150–400 мм на западе до 500–800 мм на востоке, а на участках горных систем – 900–1100 мм. Годовая сумма осадков превышает испаряемость, значения которой на территории бассейна с северо-запада на юго-восток от 500 до 800 мм/год (рис.11).



**Рисунок 11. Распределение осадков в бассейне Амура [Lasserre, 2003]**

Для сезонного распределения осадков характерны сильные различия между холодным и теплым периодами. В летне-осенний период (июль–сентябрь) в северной части бассейна выпадает 60–70% годовой суммы осадков, а в южной – 80–90%. Значительное количество осадков в теплый период обуславливает наводнения в бассейне Амура. Зимой количество осадков составляет 4–10% годовой суммы. Поэтому высота снежного покрова в бассейне большей частью не превышает 10–30 см на равнинных и открытых безлесных участках на юге и юго-западе бассейна, и 60–80 см – на защищенных от ветра

участках на севере и северо-востоке бассейна. Небольшая мощность и неравномерность залегания снежного покрова, а также низкие температуры зимой способствуют глубокому промерзанию грунта и сохранению в северной части бассейна участков многолетней мерзлоты. Кроме того, различия в количестве осадков наблюдаются и в многолетнем режиме: в многоводные годы их сумма в 3–4 раза больше, чем в маловодные годы [Алпатьев и др., 1976].

#### **2.4. Современный гидрологический режим**

Река Амур относится к дальневосточному типу рек, характеризующемуся значительным преобладанием дождевого стока. Доля дождевого питания составляет в среднем 50–70 %, снегового – 10–20 %, подземного – 10–30 % [Ресурсы..., 1966, 1970, 1972; Мордовин, 2001]. Основное питание, которое река получает от летних дождей, обуславливает её многоводность в теплый время года (с апреля по октябрь).

Муссонный тип климата территории определяет основные черты внутригодового распределения стока: зимняя межень, весеннее половодье, летняя межень и летне-осенние паводки [Ресурсы..., 1966, 1970, 1972].

Зимняя межень продолжается в течение пяти месяцев (с ноября по март) и характеризуется постепенным снижением расходов воды. Минимальные значения расхода воды приходятся на март и составляют менее 1 м<sup>3</sup>/с.

Лёд устанавливается на Амуре в середине ноября. Ледяной покров на больших и средних реках бассейна имеет неровную поверхность. Продолжительность ледостава колеблется в больших пределах: в северной части бассейна до 180–190 дней, в южной части до 140–150 дней. Наибольшая толщина льда наблюдается в феврале–марте и составляет в среднем 110–130 см [Ресурсы..., 1966, 1970, 1972]. Вскрытие рек наступает в апреле. Ледоход сопровождается заторами льда и резким повышением уровней воды, которые часто обуславливают локальные катастрофические паводки

В мае наступает весеннее половодье, которое характеризуется высоким подъемом уровней воды, что связано с интенсивным таянием снега. Удельное значение весеннего половодья как правило составляет всего 10–12 % годового

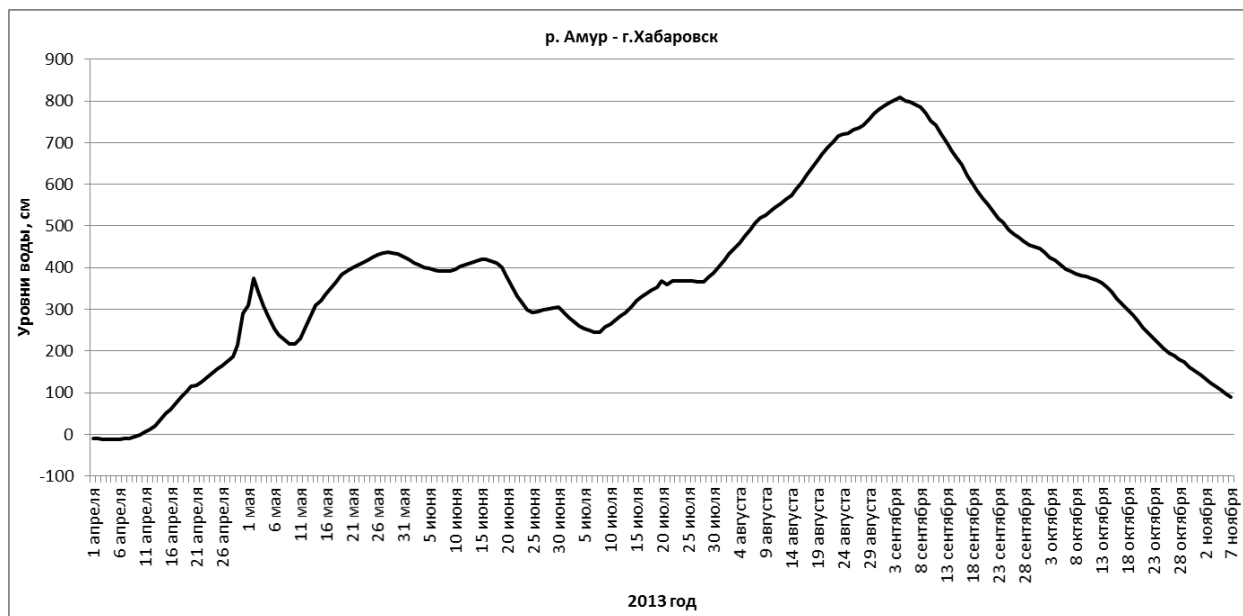
стока. В отдельные годы сток во время весеннего половодья превышает летний паводок, если таяние снега и подъем уровней воды в реке сопровождается выпадением в бассейне Амура осадков. В этом случае продолжительность весеннего половодья значительно увеличивается, а расход воды достигает 20–25 тыс. м<sup>3</sup>/с.

В июне-начале июля в бассейне Амура наступает время непродолжительной (до 30 дней) летней межени. В это время питание реки бассейна получают из подземных источников, а также из пойменных озёр и заболоченных территорий [Махинов, Лю Шугуан, 2013].

В летне-осенний период (с июля по август) по рекам проходит основной паводок, который формируется в результате воздействия муссонных дождей. Длительность этого периода составляет в среднем 150–170 дней. В это время на р. Амуре проходят 3–4 дождевых паводка, пики которых на 5–8 м превышают наиболее низкие предпаводочные уровни. Интенсивность подъема уровней воды в сутки составляет от 10–20 см до 1 м. За всё время амплитуда значений максимального уровня подъема воды значительна, что обусловлено в большей степени морфологическим строением долины: на равнинных участках от 5 до 8 м, на участках пересечения рекой горных участков от 10 до 12 м. В отдельные годы ливневые летне-осенние паводки могут иметь характер катастрофических наводнений, причиняющих значительный ущерб хозяйственной инфраструктуре. Образующиеся наводнения характеризуются значительным расходами воды, достигающими в нижнем течении 40 000 м<sup>3</sup>/с и более [Ким, Махинов, 1991; Махинов, 2011].

Кроме того, на высоту паводков оказывает влияние и последовательность охвата территории осадками. Линия прохождения большинства циклонов над территорией южных районов Дальнего Востока России имеет обычно восточное и северо-восточное направления движения, которое совпадает с общим направлением стока в бассейне Амура. В этом случае фронт осадков опережает паводочную волну, которая при смещении вниз по течению усиливается за счет поступления воды из притоков на этом участке речной долины,

вызывая повышение уровней воды и увеличивая мощность паводка. Таким образом, гидрологический режим р. Амура преимущественно паводочный. Он характеризуется небольшой величиной стока воды во время весеннего половодья по сравнению с летне-осенними паводками (рис.12).



**Рисунок 12. График хода уровней воды в р.Амуре с апреля по ноябрь 2013 г. (г. Хабаровск) [Махинов и др., 2016]**

Характер формирования паводков на р. Амуре полностью зависит от водного режима областей формирования стока, поэтому сроки прохождения паводков на рассматриваемых территориях имеют большое значение. Самые катастрофические наводнения на р. Амуре наблюдаются в те годы, когда паводки низкой обеспеченности проходят в один и тот же период во всех областях формирования стока.

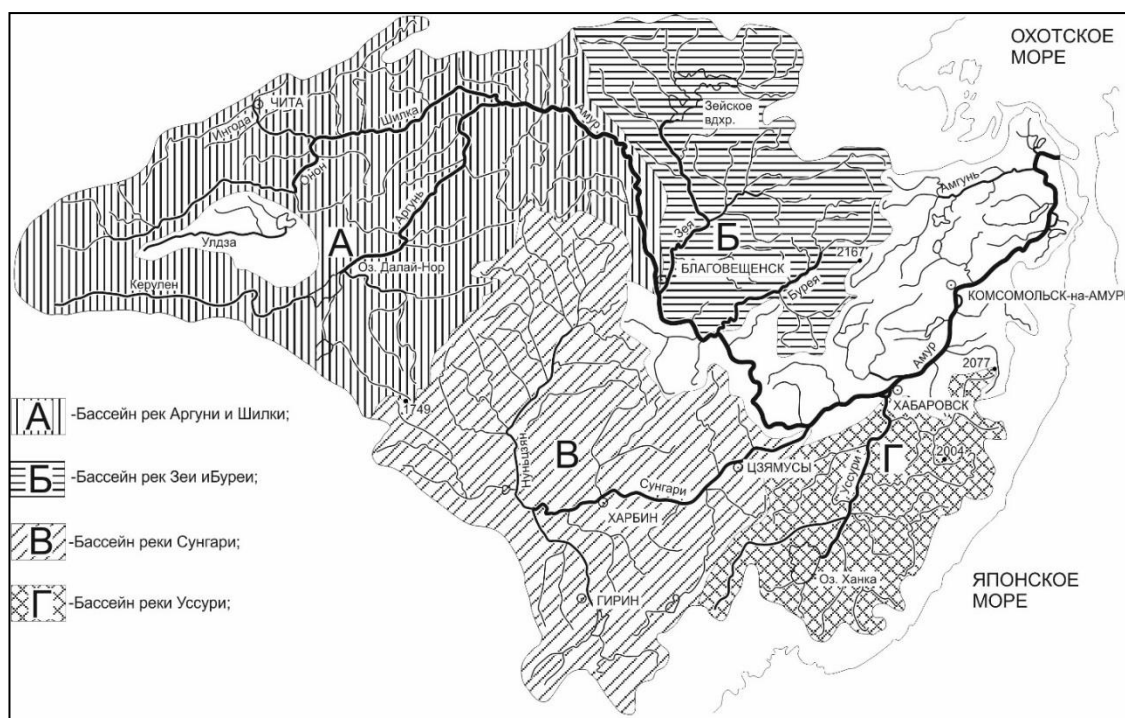
В бассейне Амура существуют несколько таких областей, которые определяются водностью основных его притоков (таблица 3). Бассейны притоков расположены в различных частях амурского бассейна: А) бассейн рек Шилки и Аргуни, Б) бассейн р. Зеи и р.Буреи, В) бассейн р.Сунгари, Г) бассейн р. Усури (рис. 13). Многолетние колебания водности этих бассейнов не совпадают друг с другом.



Доля каждой из областей в формировании стока р. Амура различна и изменяется, в зависимости от водности бассейна. В среднем она составляет: бассейн рек Аргуни и Шилки – 9 %; бассейн рек Зеи и Буреи – 27 %; бассейн реки Сунгари – 28 %; бассейн реки Уссури – 11 %, остальные притоки – 25 % [Ким, 1999а; Мандыч, Ким и др., 2010].

**Таблица 3. Гидрологические характеристики рек бассейна Амура [Многолетние..., 1986; Основные..., 1978]**

№	Реки	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	Длина, км	Средний расход воды, м <sup>3</sup> /с	Минимальный расход воды, м <sup>3</sup> /с	Максимальный расход воды, м <sup>3</sup> /с
1	Аргунь	164 000	1 620	342	1,0	6 350
2	Шилка	206 000	1 592	544	1,0	11 400
3	Амур	1 856 000	4 444	10 900	611	40 000
4	Зея	233 000	1 242	1 910	18,2	15 700
5	Бурея	70 700	739	938	1,0	15 000
6	Сунгари	540 000	1 800	2 700	48,4	18 000
7	Уссури	193 000	897	1 100	38,3	6 480



**Рисунок 13. Схема основных областей формирования стока в бассейне Амура [Мандыч, Ким и др., 2010]**

Бассейн рек Шилки и Аргуни находится в западной части амурского бассейна. Площадь этой области составляет 370 тыс. км<sup>2</sup>. Сток с этой территории составляет в среднем около 900 м<sup>3</sup>/с. Основной объем стока проходит во время

летне-осенних паводков (в июле–августе), вызванных муссонными дождями, и составляет 70 %. Кроме того, коэффициент стока возрастает из-за распространения островной многолетней мерзлоты, которая способствует снижению инфильтрационных свойств постилающей поверхности.

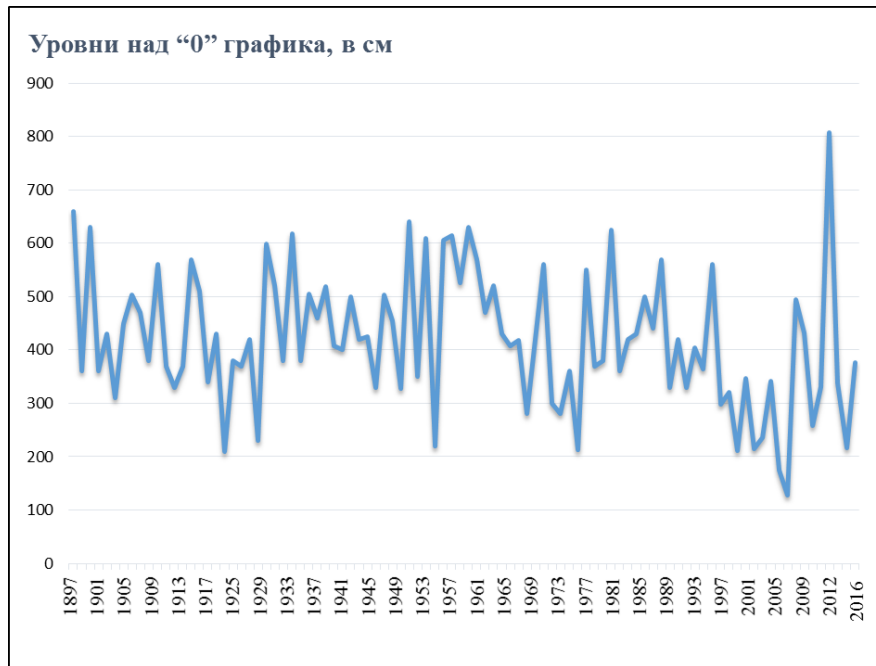
Бассейны рек Зеи и Буреи занимают северную часть Среднего Амура, площадь их водосборной поверхности составляет 303,7 тыс. км<sup>2</sup>. Здесь также имеет распространение островная многолетняя мерзлота. Средний сток составляет 2800–2900 м<sup>3</sup>/с. Основная часть стока проходит в теплый период времени и составляет 80–90 % от общего.

Бассейн реки Сунгари находится в южной части бассейна Амура. Площадь водосбора составляет 540 тыс. км<sup>2</sup>. На климат и речной сток большое влияние оказывают горы, которые изменяют общее направление воздушных переносов и распределение приносимых ими осадков. Основная часть стока с данной территории проходит в теплое время года (июль–август) и составляет более 80 %.

Бассейн реки Уссури занимает юго-восточную часть амурского бассейна и составляет 193 тыс. км<sup>2</sup>. Основной сток (до 90 %) проходит в теплое время года, когда выпадает максимальное количество осадков.

Неравномерность стока воды имеет не только сезонный характер, но и годовую периодичность. Она проявляется в чередовании периодов пониженной и повышенной водности, продолжительность которых составляет 8–10 лет (рис. 14).

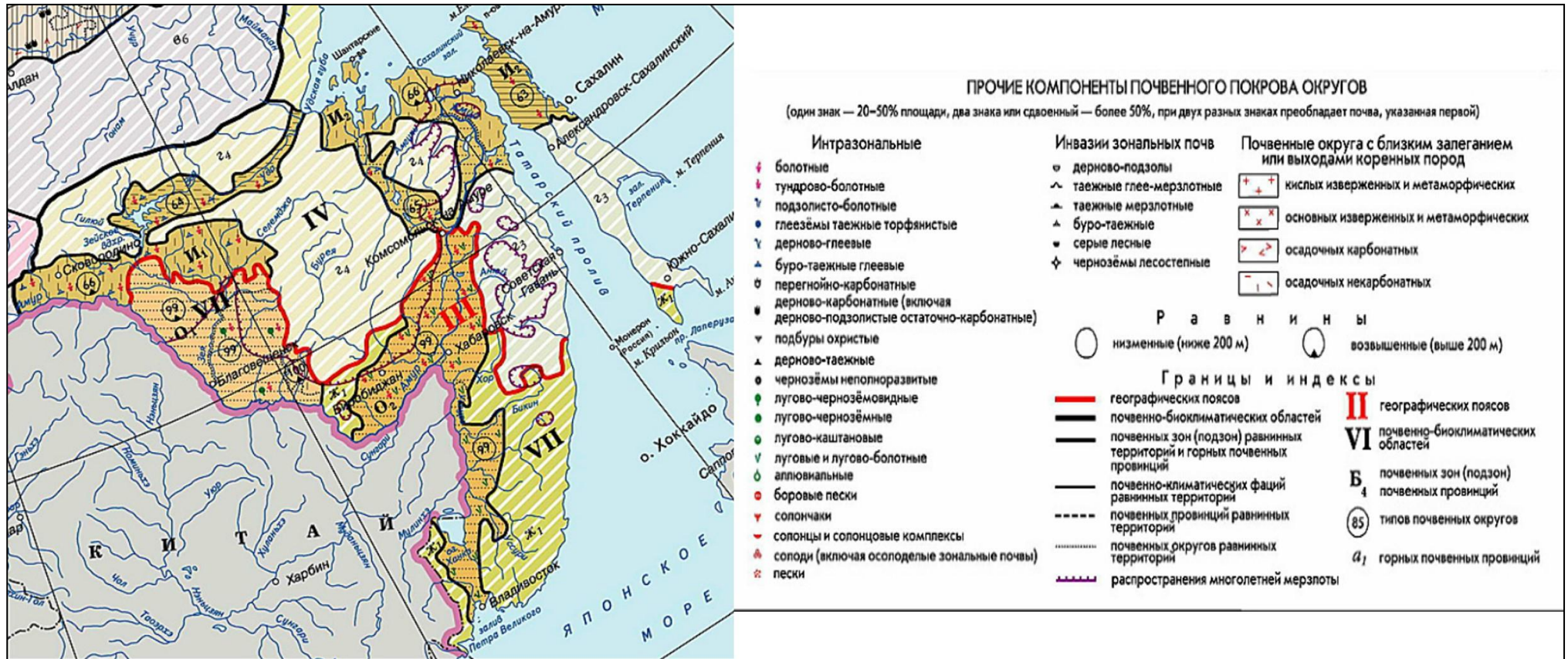
За период с 1897 по 2016 годы можно отметить тенденцию общего снижения водности реки с отдельными годами, характеризующимися высокими показателями стока и подъема уровней воды в реке.



**Рисунок 14. Ход уровней воды в р. Амуре с 1897 по 2016 гг. (по г. Хабаровск)  
(составлено автором)**

## 2.5. Почвы

Почвенный покров бассейна Амура очень разнообразен. В соответствии с почвенно-географическим районированием [Рихтер, 1962; Добровольский и др., 1986; Национальный атлас..., 2008], территория бассейна Амура входит в два почвенно-биоклиматических пояса: бореальный (умеренно холодный) и суббореальный (умеренно теплый) (рис.15). Состав почв изменяется в направлении с севера на юг и с запада на восток. Распределяются типы почв неравномерно в связи с чередованием в рельефе бассейна горных и равнинных территорий, поэтому в структуре почвенного покрова, наряду с равнинным почвенным рядом выделяются и два вертикальных пояса: горно-тундровый и горно-таёжный.



**Рисунок 15. Фрагмент карты почвенно-географического районирования России [Национальный атлас..., 2008]:** Географические пояса - II Бореальный, III Суббореальный; Почвенно-биоклиматические области - IV Дальневосточная таёжно-лесная, VII Восточная бурозёмно-лесная; Почвенные зоны и подзоны - И подзолистые и буро-таёжные почвы равнинной территории: 24 Верхнеамурско-Буреинская горная почвенная провинция, 23 Сихотэ-Алинско-Сахалинская горная почвенная провинция; O Бурозёмы хвойно-широколиственных и широколиственных лесов; Ж I Южно-Сихотэ-Алинская горная почвенная провинция

Северная и северо-восточная часть бассейна Амура (Верхне-Зейская и Нижнеамурская равнины) занимает дальневосточную таежно-лесную почвенно-биоклиматическую область, входящую в состав Восточно-Азиатского бореального географического пояса и характеризующуюся преобладанием на равнинных территориях подзолистых и буро-таёжных почв. Буро-таёжный и буро-таёжный глеевый тип почв формируются на суглинистых почвообразующих породах, а подзолистый тип – на мелкозёмисто-щебнистых и легких породах [Добровольский и др., 1986; Национальный атлас..., 2008]. По температурному режиму почвы этой области относятся к холодным длительно-промерзающим типам, что обусловлено холодным континентальным типом климата и наличием вечной мерзлоты. В горных районах этой части бассейна ярко выражена вертикальная зональность, проявляющаяся в смене типов почв с высотой: от горных буро-таёжных иллювиально-гумусовых почв в таёжно-лесном поясе к горным тундровым и горным примитивным типам почв с полями каменистых россыпей в гольцовом поясе на вершинах хребтов [Добровольский и др., 1986; Ермошин, Пшеничникова, 2009].

Западная часть бассейна Амура относится к Монголо-Маньчжурской горно-равнинной подобласти лесостепной и степной зон суббореального географического пояса [Добровольский и др., 1986; Национальный атлас..., 2008]. Эта часть бассейна отличается засушливыми климатическими условиями и сложной структурой почвенного покрова. Распределение типов почв зависит здесь от увлажнения и высоты поверхности. На северо-западных отрогах Большого Хингана распространены в основном темно-серые лесные почвы; на юго-восточных отрогах Хэнтэя, отрогах Борщёвочного, Кукульбейского и Аргуньского хребтов, западных отрогах Большого Хингана сформировались разновидности восточно-сибирской группы черноземов (мучнисто-карбонатные и бескарбонатные, лугово-черноземные, выщелоченные и типичные). В этой части бассейна в межгорных котловинах и равнинах преобладают каштановые почвы восточносибирской группы (темно-каштановые, каштановые мучнисто-карбонатные), также встречаются солончаки [Ковда, 1959; Ермошин, Пшеничникова, 2009].

Центральная и юго-восточная часть бассейна Амура занимает восточную буроземно-лесную почвенно-биоклиматическую область, входящую в состав Восточно-Азиатского суббореального географического пояса и характеризующуюся преобладанием бурых, подзолисто-бурых лесных почв хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, а также черноземовидных почв прерий [Добровольский и др., 1986; Ливеровский, Рубцова, 1962]. Почвы данной области отличаются признаками оглеения и переувлажнением, что обусловлено тяжелым гранулометрическим составом почвообразующих пород, наличием в профиле сезонной мерзлоты, которая препятствует фильтрации влаги, и муссонным типом климата с преобладанием летних осадков [Ливеровский, Карманов, 1961; Национальный атлас..., 2008].

На Амуро-Зейской возвышенной равнине в условиях свободного стока поверхностных вод, обуславливающего хороший промывной режим, а также при глубоком залегании грунтовых вод, формируются умеренно и длительно промерзающие подзолисто-буроземные почвы. На Зейско-Буреинской низменности преобладают лугово-черноземовидные умеренно длительно промерзающие почвы под остепнёнными лугами. На Центрально-Маньчжурской равнине распространены чернозёмовидные почвы под влажными луговыми степями [Ковда, 1959; Ливеровский, Рубцова, 1962; Ермошин, Пшеничникова, 2009]. На Средне-амурской, Нижнеуссурийской и Приханкайской низменностях имеют наибольшее распространение луговые, лугово-болотные и болотные умеренно промерзающие почвы. В пределах данной почвенно-биоклиматической области выделяется также Южно-Сихотэ-Алинская горная почвенная провинция, занимающая склоны Сихотэ-Алиня, Малого Хингана и восточных отрогов Большого Хингана. В нижнем поясе гор преобладают буроземы грубогумусовые иллювиально-гумусовые под темнохвойными лесами, выше них формируются подбуры, а на безлесных участках – горные черноземы, горные подзолистые и горные луговые типы; на самых вершинах распространены горно-тундровые почвы.

Кроме того, в бассейне Амура выделяют интразональные типы почв. В пределах Верхнего и Нижнего Амура, Верхне-Зейской равнины встречаются серые

лесные глеевые и болотные типы почв; в пределах Амуро-Зейского плато – бурые лесные глеевые и болотные почвы; в Зейско-Буреинском междуречье – лугово-чернозёмовидные почвы; на Среднеамурской и Нижнеуссурийской низменностях – луговые подбелы [Добровольский и др., 1986].

В долинах равнинных рек формируются различные виды пойменных почв (аллювиально-перегнойно-глеевые, аллювиально-болотные и др.), а в долинах горных рек и в долине Нижнего Амура – аллювиально-слоистые (аллювиально-дерновые) почвы. Прирусловую часть поймы в зависимости от увлажнения занимают аллювиально-слоистые и в условиях хорошего естественного дренажа – лугово-дерновые почвы; в центральной части поймы – луговые аллювиальные, аллювиально-глеевые, в местах высокого и избыточного увлажнения – аллювиально-перегнойно-глеевые и аллювиально-болотные почвы [Махинова, 1989].

## **2.6. Растительный покров**

Особенности растительного и почвенного покрова определяют интенсивность размываемости речных берегов, темпы накопления наилка и состав пойменной фации аллювия, интенсивность поймообразования и характер половодного и эрозионного рельефа.

Территория бассейна Амура занимает следующие растительные зоны: тайгу, смешанные и широколиственные леса, лесостепь, степную, также выделяется зона высотной поясности и болот (рис. 16). Растительность и ландшафты амурского бассейна очень разнообразны, что связано с историей развития данной территории на стыке различных флористических провинций – восточносибирской, охотско-камчатской, маньчжурской и монголо-даурской степной. Растения этих провинций относятся к Бореальному и Восточно-Азиатскому флористическим подцарствам. В составе флоры отмечено большое количество эндемиков и реликтов.



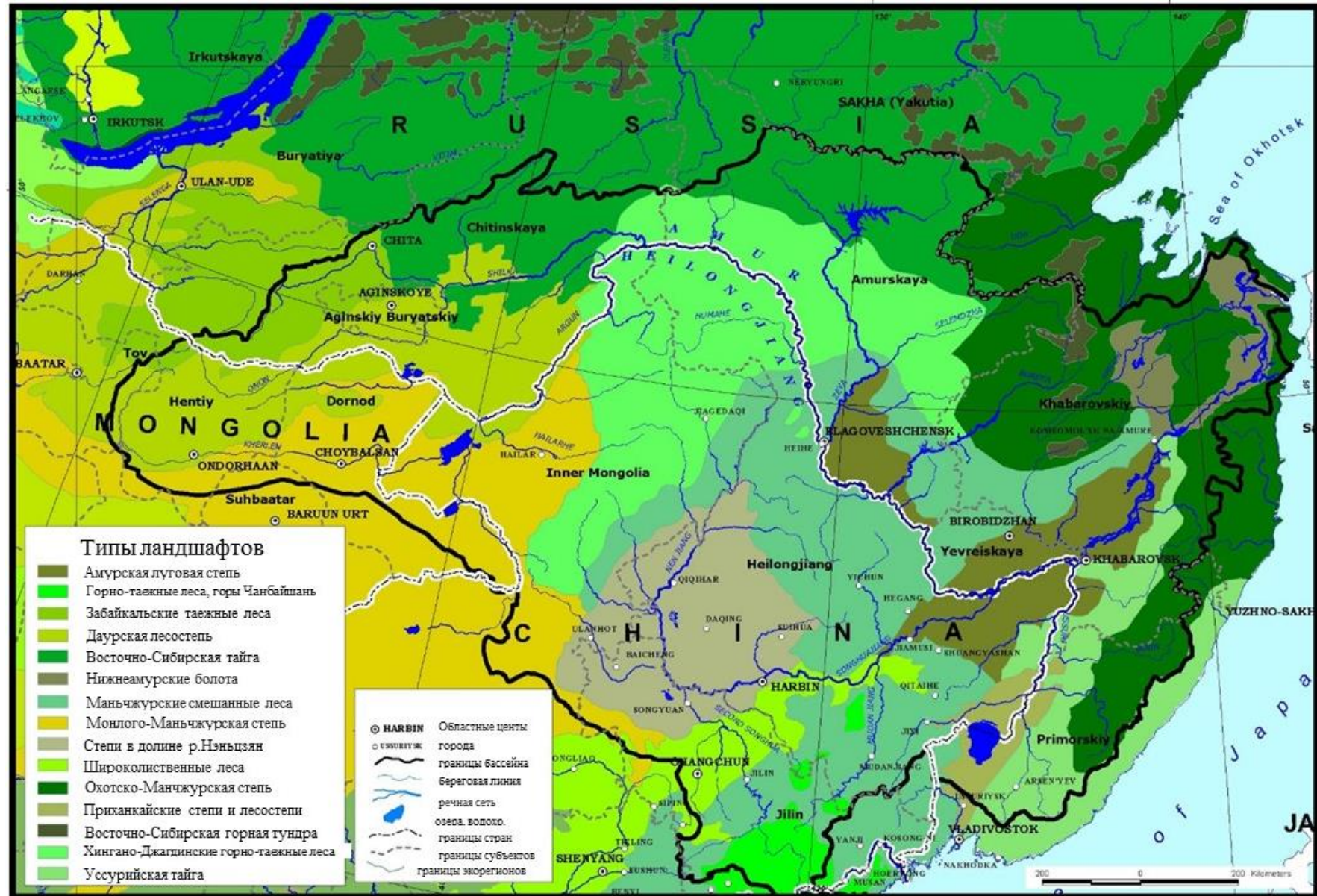


Рисунок 16. Карты растительности бассейна Амура [<http://amur-heilong.net>]



Для бассейна Амура характерна многосекторность основных ландшафтов, которые сменяются с северо-запада на юго-восток по мере удаления от территории с континентальным типом климата и приближением к территории с муссонным типом климата у побережья морей Тихого океана.

На северо-западе в пределах Амуро-Зейской возвышенной равнины преобладающим типом ландшафта являются лиственничные и сосново-лиственничные дальневосточные южнотаёжные леса, в основу которых составляют лиственница даурская (*Larix gmelinii*) и сосна обыкновенная (*Pinus syl vestris*) (рис.17). В пределах этой равнины от устья р.Ольга в юго-восточном направлении между реками Тыгда и Ольга до среднего течения р.Зей, а также в районе оз.Эворон и рек Уды и Амгуни располагаются ареалы сосновых подтаёжных лесов с примесью монгольского дуба (*Quercus mongolica*) и даурской берёзы (*Betula daurica*); на левобережье р. Зей в среднем течении переходят в тип дальневосточных лиственничных подтаёжных лесов (из тех же пород, но с преобладанием лиственницы даурская) [Кабанов, 1977; Воробьев, 1968].



**Рисунок 17. Южнотаёжный дальневосточный ландшафт на Амуро-Зейском плато  
(Фото с портала Google Earth)**

На участке пересечения рекой Зейско-Буреинской низменности до отрогов Малого Хингана господствует хвойно-широколиственный горный ландшафт, состоящий из монгольского дуба, берёзы желтой (*Betula costata*) и корейского кедра (*Pinus koraiensis*) (рис.18) [Воробьев, 1968].



**Рисунок 18. Таёжно-широколиственный горный ландшафт бассейна Амура  
(Фото Е.К. Губарёвой, 2014)**

На высоких участках Зейско-Буреинской, Среднеамурской, Нижнеамурской и Приханкайской низменностей господствует равнинный ландшафт дубовых кедрово-широколиственных лесов, основой которых являются: дуб монгольский, липа Таке (*Tilia taquetii*), липа амурская (*Tilia amurensis*), корейский кедр, ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica*) и другие древесные растения [Кабанов, 1977]. Подлесок в этих лесах также очень разнообразен и представлен часто растительными видами, сохранившимися только в этих районах: калина Саржента (*Viburnum sargentii*), чубушник тонколистный (*Philadelphus tenuifolius*), лещина маньчжурская (*Corylus sieboldiana* var. *mandshurica*), виноград амурский (*Vitis amurensis*), актинидия острая (*Actinidia arguta*), лимонник китайский (*Schisandra chinensis*), бархат амурский (*Phellodendron amurense*) и другие [Воробьев, 1968]. В этой части бассейна растительность в большой степени изменена

человеком, поэтому массивы широколиственных лесов чередуются с вторичными мелколиственными берёзово-осиновыми лесами и луговыми пространствами.

Также в пределах Зейско-Буреинской равнины, Приханкайской низменности, равнины Сун-Ляо приречные пространства заняты ландшафтом высокотравных лесостепей. В растительном покрове представлены злаковые, бобовые и разнотравные виды, а также некоторые виды засушливых монгольских степей: ковыль, арудинелла и другие (рис.19) [Махинов, Лю Шугуан, 2013].

Восточная часть бассейна Амура в пределах горной системы Сихотэ-Алиня и северная часть бассейна характеризуются ярко выраженной высотной поясностью. В направлении с юга на север ландшафты сменяют друг друга в следующем порядке: таёжно-широколиственные (южный Сихотэ-Алинь), таёжные (северный Сихотэ-Алинь) и дальневосточный стланниково-таёжный (хр. Джугджур, Буреинский). Эти ландшафты отличаются сменой преобладающих пород древесного яруса в нижнем поясе: на юге господствуют дуб монгольский, корейский кедр и клён мелколистный (*Acer mono*); севернее – лиственница даурская, корейский кедр, пихта белокорая (*Abies nephrolepis*), ель аянская (*Picea ajanensis*) и липа войлочная (*Tilia tomentosa*); на севере – лиственница даурская, дуб монгольский и ель аянская [Колесников, 1938; Кабанов, 1977]. Таким образом, в более северных частях бассейна Амура в связи с наличием мерзлотных пород, преобладают лиственница и другие, приспособленные к подобным условиям виды. Высотные пояса по склонам гор распределяются следующим образом: внизу до высоты 700-800 м склоны занимают хвойно-широколиственные леса, выше до 1100-1200 м – темнохвойные леса из ели аянской и пихты белокорой.





**Рисунок 19. Ландшафты высокогорных лесостепей на левобережье Амура  
(Фото Е.К.Губарёвой, 2014)**

В северной части бассейна пихтово-еловые леса в этом поясе сменяются лиственничными лесами. Высокогорные пояса представлены горно-тундровыми и субальпийскими (из кедрового стланика) ландшафтами (рис.20). Гольцовый пояс распространён ограниченно, так как большая часть хребтов имеют небольшую высоту [Алпатьев и др., 1976].



**Рисунок 20. Гольцовый пояс в бассейне Амура (р. Нюкжа)  
(Фото А.В. Чернов, 2010)**

Кроме того, в северных районах, в устьевой части Амура, встречаются ареалы лишайниковых, сфагновых, багульниково-лиственничных и смешанных

лиственнично-берёзовых лесов. Здесь на заболоченных участках речных долин и пологих склонах в местах близкого залегания грунтовых вод характерны кочкарно-осоковые лиственничники. Лишайниковые лиственнично-берёзовых леса встречаются на сухих речных террасах и хорошо прогреваемых склонах гор. Сфагновые лиственнично-берёзовых леса распространены в основном на приподнятых террасах и на менее переувлажнённых склонах гор.

Отдельно стоит выделить пойменные ландшафты речных долин, которые представляют собой коридоры, связывающие растительность разных природных зон и провинций. Для пойменных ландшафтов бассейна Амура характерна естественная разнородность и динамичность растительного покрова, которые обуславливаются эрозионно-аккумулятивной деятельностью рек. Поймы рек бассейна Амура в северной и северо-западной части бассейна отличаются развитием темнохвойных лесов (на высоком уровне поймы). Поймы рек в центральной и юго-восточной части бассейна отличаются развитием луговых, лугово-болотных ландшафтов в пределах низкой поймы и в прирусловой части (рис. 21), а также широколиственных лесов на высоком уровне поймы.



**Рисунок 21. Луговой разнотравно-злаковый ландшафт поймы левобережья Амура (Фото Е.К.Губарёвой, 2014)**

По низким берегам рек здесь встречается множество мелких озёр, которые сформировались в результате деформаций русла рек (отмирания рукавов, спрямления излучин). Вместе с тем, для пойменных участков рек характерны низинные осоковые и осоково-гипновые болота, поросшие ерниковыми берёзками и другими кустарниками (рис.22) [Сторожилов, 2007].



**Рисунок 22. Осоково-гипновое болото на пойме р.Сунгачи (Фото Е.К.Губарёвой, 2014)**

## **2.7. Влияние физико-географических условий на формирование русел и пойм рек бассейна Амура**

Геолого-геоморфологическое строение бассейна реки Амур обуславливает разнообразие морфодинамических типов русел и пойм, а также условий русловых деформаций и поймообразующих процессов. Бассейн расположен в нескольких областях со сходными геолого-геоморфологическими условиями развития русловых процессов. Эти области были выделены с учётом типов русловых процессов – горных и равнинных, а также по степени размываемости пород, слагающих долины рек [Борщенко, Завадский и др., 2010].

Реки с горным типом русловых процессов характеризуются большими величинами уклонов, бурным течением, галечным и галечно-валунным типом аллювия. В бассейне Амура из морфологических типов горных русел, выделенных Р.С. Чаловым [2002], в верховьях встречаются порожиисто-водопадные русла с

достаточно большими уклонами (7 ‰ и более), ниже по течению – сначала с неразвитыми, затем – с развитыми аллювиальными формами и меньшими уклонами (от 3 до 7 ‰). Таким образом, ввиду условий ограниченного развития в пределах горных территорий, реки такого типа обладают небольшой интенсивностью горизонтальных русловых деформаций.

Русла с равнинным типом русловых процессов имеют большее распространение в бассейне Амура и незначительные уклоны – менее 0,6 ‰, спокойное течение, песчаный и песчано-илистые донные наносы. Подобные свободные условия развития русел рек обуславливают довольно высокую интенсивность развития русловых деформаций [Чалов, 1980; Беркович, 2004].

Также в бассейне есть участки рек, к руслу которых близко подходят отроги горных хребтов. Они характеризуются периодической сменой горного (бурного) характера течения (в половодья и паводки) равнинным (в межень) и меньшими уклонами – от 0,5 до 3 ‰, чем в горном типе. Тем не менее, их русла и поймы характеризуются равнинным морфологическим обликом и развиваются в условиях как ограниченного, так и свободного развития русловых деформаций [Чалов, 2002].

Помимо различий в типах русловых процессов, в морфологии и динамике русел большую роль играет местоположение и состав формирующих долину пород. Таким образом, в соответствии с геолого-геоморфологическими условиями формирования речных русел и пойм Р.С. Чаловым, А.В. Черновым, А.С. Завадским и другими [Борщенко, Завадский и др., 2010], было проведено районирование бассейна Амура и выделены области с ограниченными и свободными условиями развития русловых деформаций, а также с их чередованием. Эти районы хорошо видны на карте «Русловые процессы на реках бассейна Амура и юга Приморского края» составленного сотрудниками НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева и дополненная автором (Приложение А).

Области с ограниченными условиями развития речных русел не являются преобладающими в бассейне Амура; они, как правило, расположены в горах или предгорьях, где речные долины сложены трудноразмываемыми породами

(скальными или глинистыми) и характеризуются наличием врезанного или адаптированного русла с отсутствием поймы или с узкой односторонней фрагментарной поймой. Врезанное русло определяется по соотношению ширины поймы ( $B_n$ ) и русла ( $B$ ), которое соответствует  $B_n < B$ , а адаптированные русла –  $B < B_n < 2-3 B$  [Чалов, 1980]. К таким областям относятся небольшие участки долин рек бассейна Амура, которые пересекают такие горные хребты как: Становой, Тукурингра, Джагды, Селемджинский, Буреинский, Сихотэ-Алинь, Большой Хинган, Хэнтэй, а также хребты северо-восточного Забайкалья.

Области со свободными условиями развития речных русел распространены значительно шире ограниченных и соответствуют равнинным территориям, где речные долины сложены легкоразмываемыми породами (озерно-аллювиальными отложениями – песками, суглинками и др.) и характеризуются различными типами широкопойменного русла ( $B_n > 2-3 B$ ); преимущественно мандрирующие или разветвленные с гривистой или островной поймой [Чернов, 2009б]. К таким областям относятся участки долин рек бассейна Амура, которые расположены в широких межгорных низменностях – Зейско-Буреинской, Средне- и Нижнеамурской, Сун-Ляо, Сунгарийской, Нижне-Уссурийской, Приханкайской. Помимо выделенных областей, занимающих большие площади, подобные условия встречаются в межгорных котловинах меньшей площади: Ононской, Верхнеаргуньской, Кизи-Удыльской, Эворон-Чукчагирской, Ханкайской.

В пределах Приханкайской, Сунгарийской низменностей и равнины Сун-Ляо широкое распространение имеют болота, которые также определяют особые условия развития русел рек. В таких условиях малые реки образуют сильно извилистые русла с преобладанием по длине сегментных крутых, омегавидных, заваленных, синусоидальных излучин. Пойма имеет четко выраженный гривистый рельеф со следами предшествовавших положений русла, представленных древними старицами и старичными озёрами. В пределах древнеаллювиальной равнины, распространённой на Нижнеамурской низменности, поймы на малых реках могут вообще отсутствовать, тогда к урезам рек подходят торфяники. Эти отложения во влажном состоянии являются породой, препятствующей размыву.



Деформации русел проходят практически также как в типичных свободных условиях развития, но при очень малых скоростях размыва берегов. Значительные переформирования русла происходят только в очень высокие паводки. Но подобные условия возникают редко, так как сами болота регулируют речной сток, поэтому руслоформирующие расходы воды в них меньше, чем в аналогичных по водности реках, протекающих вне болот [Губарёва, 2012].

В областях чередования свободных и ограниченных условий развития формируются как ПРК с широкопойменным руслом, так и ПРК с врезанным или адаптированным типом русла с отсутствием или наличием односторонней гривистой поймы, часто сменяющих друг друга. Такие условия характерны для значительной части территории бассейна Амура. Эти условия определяются расположением долин рек в межгорных котловинах, где их борта сложены чередованием трудно- и легкоразмываемых пород. На участках пересечения такими реками горных хребтов формируются врезанные или адаптированные относительно прямолинейные или с одиночными и односторонними разветвлениями беспойменные русла, а в расширениях котловин – меандрирующие или разветвленные широкопойменные русла. Примером может служить участок русла Амура, пересекающий Амуро-Зейскую возвышенную равнину (плато) или участки русла р. Уссури при пересечении склонов горных хребтов Сихотэ-Алиня и Большой Хёхцир [Антроповский, 1997; Борщенко, Завадский и др., 2010].

## ГЛАВА 3. МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА РУСЕЛ И ПОЙМ НА ПОГРАНИЧНОМ УЧАСТКЕ РЕК БАССЕЙНА АМУРА

### 3.1. Морфология русел и пойм рек

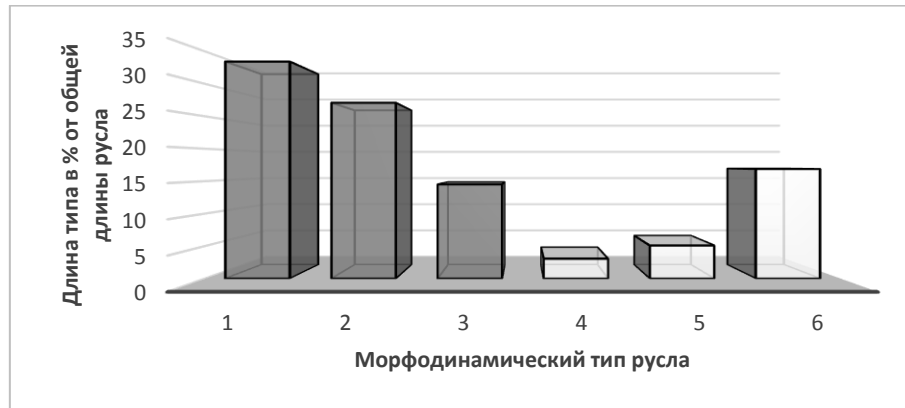
#### 3.1.1. Морфодинамические типы русел рек

Бассейн Амура характеризуется большим разнообразием геолого-геоморфологических и природных условий формирования рек, что определяет неравномерное распределение разных морфодинамических типов русел. В бассейне отмечается чередование врезанного (41 %) и широкопойменного (59 %) типов русла [Борщенко, Завадский и др., 2010]. На исследуемом пограничном участке р. Амура (без р. Аргуни и нижнего течения Амура) соотношение основных типов русла следующее: врезанный тип – 32 %, широкопойменный тип – 68 %, что свидетельствует о том, что большая часть русел рек здесь формируется в условиях свободного развития русловых деформаций. Отсюда следует, что наиболее активные горизонтальные деформации, выражающиеся в размывах берегов, искривлении и спрямлении излучин, перераспределении стока по рукавам, происходят как раз в пределах пограничного участка р. Амура и некоторых его притоков.

Исследуемую территорию можно разделить по основному руслу Амура на следующие участки: Верхний Амур (от слияния р.Шилки и р.Аргуни до устья р.Зеи); Средний Амур-1 (от устья р.Зеи до устья р.Хинган (пересечение с хр.Малый Хинган); Средний Амур-2 (от устья р. Хинган до пос.Екатерино-Никольское); Средний Амур-3 (от пос.Екатерино-Никольское до устья р.Уссури); р. Уссури (от устья р.Сунгачи до своего устья); р.Сунгача.

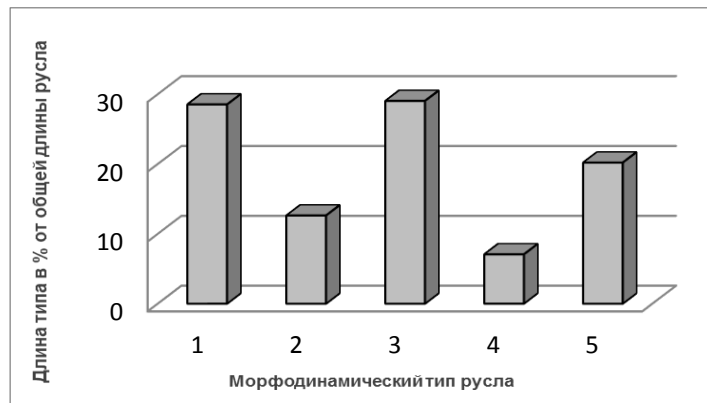
Средний Амур по геоморфологическим условиям развития русла можно разделить ещё на три отрезка по условиям формирования пойменно-русловых комплексов: 1-й – от устья р. Зеи до устья р. Хингана, расположенный на Амуро-Зейской равнине, 2-й – от устья р. Хингана до пос. Екатерино-Никольское – в пределах отрогов Малого Хингана, 3-й – от пос. Екатерино-Никольское до устья р.Уссури – в пределах Среднеамурской низменности.

Верхний Амур характеризуется преобладанием врезанного русла (75 %); широкопойменное русло (25 %) занимает там подчиненное положение, встречаясь исключительно в небольших межгорных котловинах (рис. 23). Среди врезанных преобладают относительно прямолинейные русла и пологие врезанные излучины. На широкопойменных участках русло Амура разветвляется, при этом преобладают односторонние разветвления.



**Рисунок 23. Распространенность различных морфодинамических типов русла на Верхнем Амуре (составлено автором):** Врезанное русло: 1. Относительно прямолинейное; 2. Врезанные излучины; 3. Аккумулятивные разветвления во врезанном русле; Широкопойменное русло: 4. Относительно прямолинейное, 5. Разветвления одиночные; 6. Разветвления односторонние

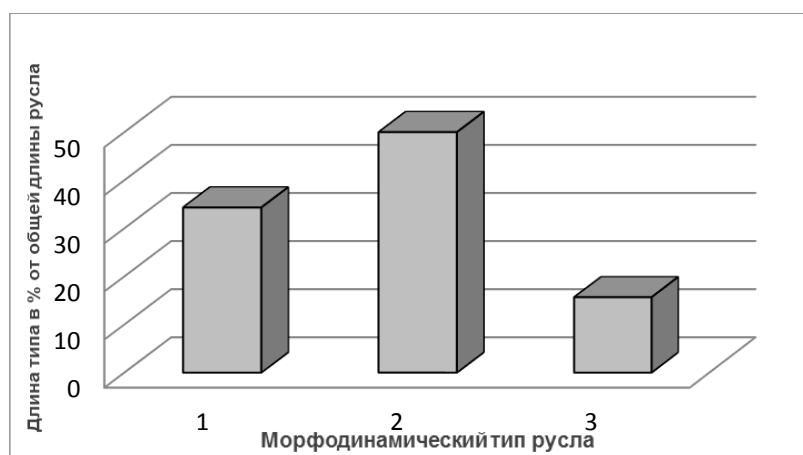
Участок реки, расположенный на Амуро-Зейской равнине, характеризуется преобладанием широкопойменного типа русла (86 %) над врезанным (14 %) (рис. 24).



**Рисунок 24. Распространенность различных морфодинамических типов русла на участке в пределах Амуро-Зейской равнины (составлено автором):** Широкопойменное русло: 1. Относительно прямолинейное, 2. Излучины петлеобразные; 3. Разветвления пойменно-русловые; 4. Разветвления одиночные и односторонние; 5. Разветвления параллельно-рукавное

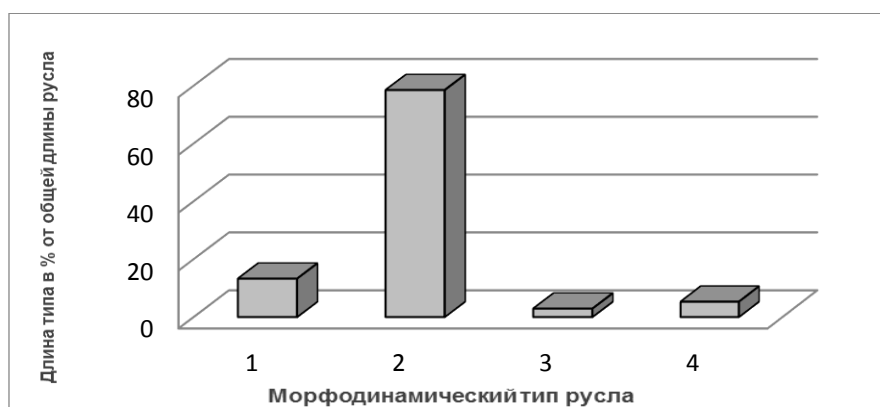
В пределах широкопойменного русла в южной части Зейско-Буреинской равнины отмечается преобладание разветвленного и извилистого типов русел.

Для участка реки между отрогами хребтов Буреинский и Малый Хинган характерны врезанные излучины (50 %) и относительно прямолинейное врезанное русло (34 %) (рис.25).



**Рисунок 25. Распространенность различных морфодинамических типов русла на участке в пределах Малого Хингана (составлено автором):** Врезанное русло: 1. Относительно прямолинейное; 2. Врезанные излучины; 3. Относительно прямолинейное широкопойменное

На Среднеамурской низменности, отмечается резкое преобладание пойменно-русловых разветвлений (79 %) и незначительным количеством участков с другими типами русла – относительно прямолинейное широкопойменное (13 %), с разветвлениями одиночными и односторонними (3 %), а также сопряженными-разветвлениями (5 %) (рис.26).



**Рисунок 26. Распространенность различных морфодинамических типов русла на Среднеамурской равнине (составлено автором):** Широкопойменное русло: 1. Относительно прямолинейное; 2. Разветвления пойменно-русловые, 3. Разветвления одиночные и односторонние; 4. Разветвления сопряжённые

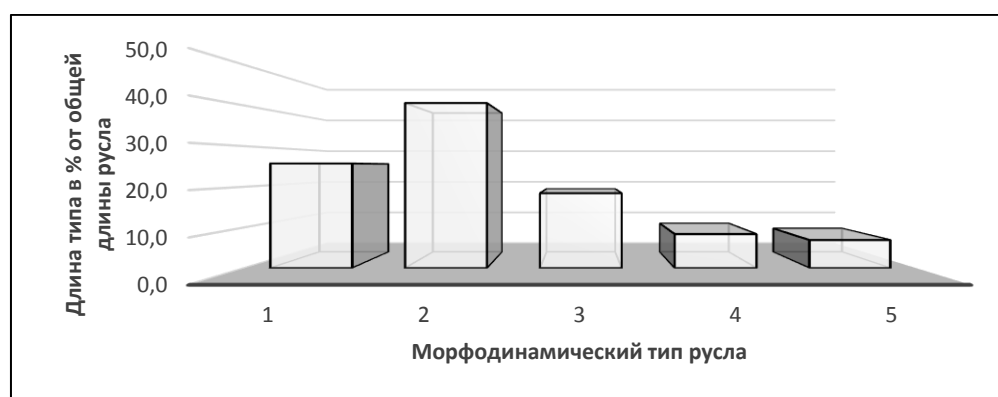
Среднее и нижнее течение реки Уссури, расположенные на российско-китайской границе, можно разделить на несколько участков в соответствии с геоморфологическими условиями, в которых формируются различные типы русел.

Первый участок расположен в пределах Приханкайской низменности и его можно также разделить на два отрезка. Один начинается от устья р.Сунгачи до устья р. Большой Уссурки и характеризуется преобладанием русла, представленного сегментными крутыми и омеговидными излучинами. Другой – от устья Большой Уссурки до устья р.Черная характеризуется преобладанием широкопойменного относительно прямолинейного русла с одиночными разветвлениями (составляет 41 % от длины участка).

Второй – после впадения правого притока р. Черной, р. Уссури протекает в грабене, который разделяет горные хребты Ваньдашань на левом берегу и Сихотэ-Алинь на правом и соединяет Приханкайскую и Нижнеамурскую низменности. Здесь русло становится относительно прямолинейным с одиночными или односторонними разветвлениями в расширениях речной долины.

Третий – от устья р. Шивки, река Уссури выходит на Нижнеамурскую низменность, где преобладает разветвленно-извилистое русло. И только вблизи устья к правому берегу реки близко подходят отроги хребта Хёхцир, ограничивая русловые деформации на небольшом участке.

В целом на пограничном участке р.Уссури преобладают ПРК относительно прямолинейного русла с одиночными разветвлениями (40 %) (рис.27).



**Рисунок 27. Распространенность различных морфодинамических типов русла на пограничном участке р.Уссури (составлено автором):** Широкопойменное русло: 1. Относительно прямолинейное; 2. Относительно прямолинейное русло с одиночными разветвлениями, 3.

Крупные одиночные и разбросанные разветвления, 4. Разветвленно-извилистое русло, 5. Сегментные крутые и омеговидные излучины.

В пределах Приханкайской низменности государственная граница проходит по фарватеру р. Сунгачи. Долину реки можно разделить на три морфологически однородных участка, границы которых отделяют места впадения ее основных притоков: р. Белая (87 км от устья), р. Чёрная (37 км от устья). На всем протяжении русло реки Сунгачи характеризуется широкопойменным меандрирующим руслом с преобладанием крутых, заваленных, омеговидных излучин (вместе они составляют 60% от общего количества излучин (рис.28)), осложненных вторичными изгибами в вершинах излучин [Губарева, 2015].



**Рисунок 28.** Распространенность различных морфодинамических типов русла на р.Сунгаче (составлено автором): 1. Сегментные пологие и развитые излучины, 2. Сегментные синусоидальные и заваленные излучины, 3. Сегментные крутые и омеговидные излучины.

### 3.1.2. Морфологические типы речных пойм

В пределах пограничного участка Амура аналогично распределению различных типов русел можно проследить распространение типов пойм по длине реки. На исследуемой территории 74 % длины русла характеризуется наличием поймы, и только 26 % русла здесь поймы не имеет. Различные геолого-геоморфологические условия обуславливают разнообразие морфологического облика и самих пойм протекающих здесь рек. В результате проведенных исследований,

было выяснено, что применение к амурской пойме геоморфологической классификации пойм сталкивается с определенными затруднениями в связи с региональными особенностями развития ПРК на этой территории. Типизации пойменных массивов Амура по типам русловых процессов, геоморфологическим условиям, степени выраженности форм рельефа (морфологии) недостаточно. Нередко несколько различных по высоте и времени образования ступеней поймы определяются, как один пойменный ярус, хотя при этом возраст различных уровней поймы может быть различным, и они располагаются непоследовательно друг по отношению к другу. Данное несоответствие уровня поймы и её времени образования обусловлено высокой амплитудой колебаний уровня воды в реках. Поэтому для того, чтобы избежать ошибки, предлагается одновременно с традиционной классификацией пойм Р.С. Чалова и А.В. Чернова [2009а] применять разработанную автором типизацию пойм по таким критериям, как ступенчатость поверхности поймы и особенности её распространения по дну речной долины. Схема такой типизации для пойм изучаемых рек бассейна Амура дана на рисунке 29.

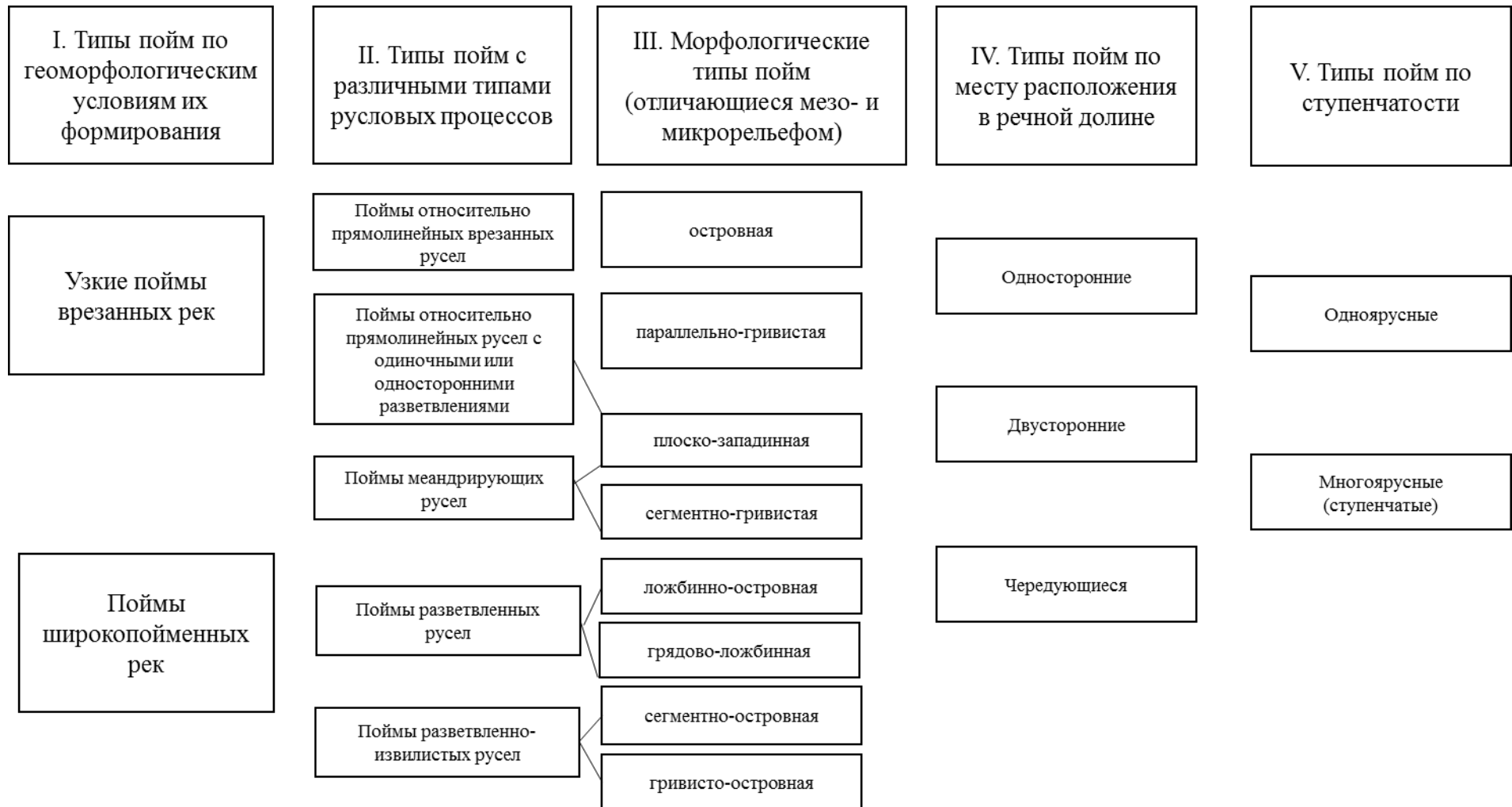


Рисунок 29. Схема типизации поймы на пограничном участке бассейна Амура (составлено автором)



Для каждого участка речной долины, выделенного на исследуемой территории бассейна Амура, характерны свои типы пойм или их сочетания.

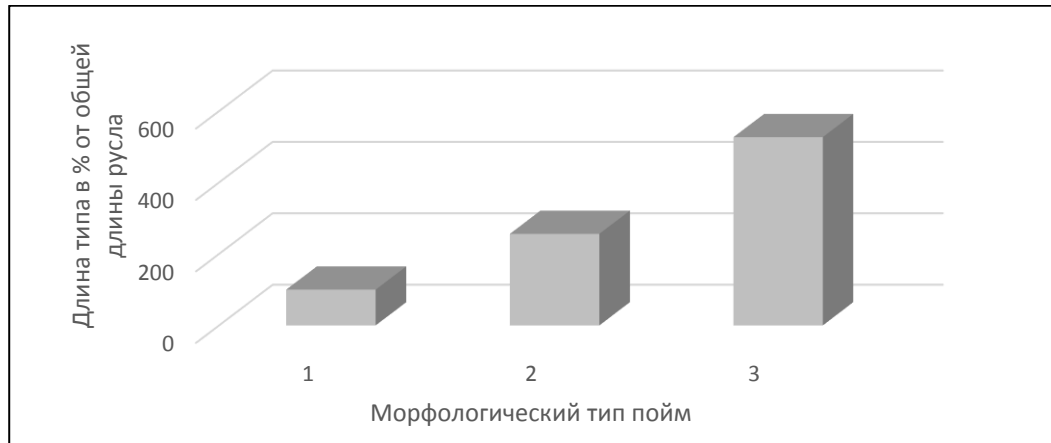
В пределах Верхнего Амура на значительном протяжении пойма отсутствует, доля таких участков составляет 60 % от длины русла. Отрезки врезанного русла с отсутствием поймы формируются в условиях ограничения русловых деформаций и поймообразующих процессов. Непосредственно к руслу здесь подходят коренные склоны долины (рис.30), в нижней части которых образуются крутонаклонные поверхности с выходом на поверхность скалистых пород. Эти поверхности подвержены процессам интенсивного выветривания и денудации. У подножья склонов часто встречаются узкие бечевники, сложенные щебнисто-глыбистым материалом. Они формируются благодаря ледовым процессам, которые обуславливают перераспределение и вынос обломочного материала с вышерасположенных склонов, разрушение коренных оснований самих бечевников и аккумуляцию материала на их поверхности.



**Рисунок 30. Правый берег реки в районе Черпельских кривунов, верхнее течение Амура (фото из GoogleEarth)**

На участках расширения долины реки встречаются небольшие отрезки распространения побочной поймы в пределах извилистого русла (11 %) и островной поймы (29 %) в односторонних разветвлениях (рис.31).

На таких участках русла один из берегов сложен скальными породами, а другой – менее устойчивыми к размыву озерно-аллювиальными отложениями (рис.32). На речных берегах здесь формируется уникальный ландшафт – уссурийская тайга. Так как долина реки в верхнем течении пересекает множество горных массивов и сопок, распространение растений в долине подчиняется закону высотной поясности.



**Рисунок 31. Распространенность различных морфологических типов пойм на Верхнем Амуре (составлено автором):** 1. побочная, 2. островная, 3. беспойменные участки русла



**Рисунок 32. Долина Амура, Черпельские кривуны (фото из Google Earth)**

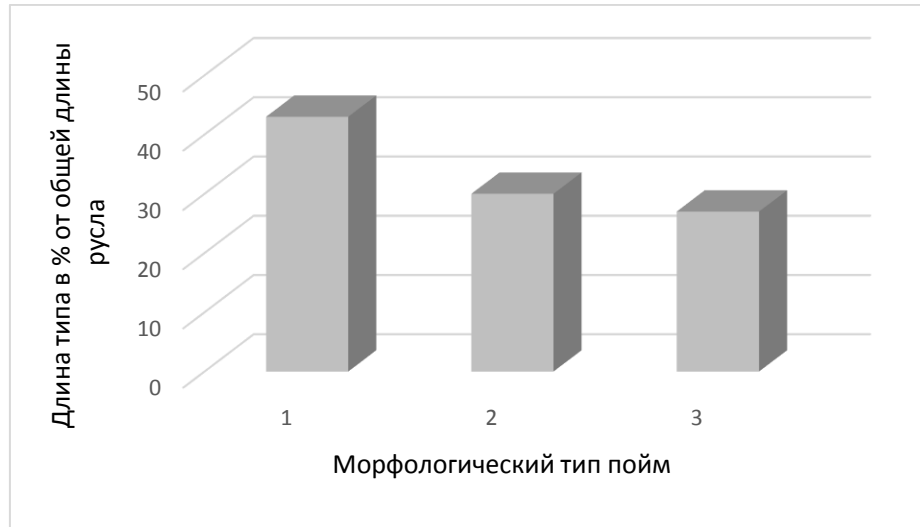
Побочные поймы характеризуются малой шириной и четким параллельным к руслу положением полос бечевника, формирующихся в резуль-

тате задержания и накопления взвешенных наносов среди травянистой и кустарничковой растительности. В свою очередь, островные поймы в условиях ограничения русловых деформаций формируются при высоких уровнях воды в реке. Также во время паводков за счет аккумуляции наносов на возвышенных участках дна русла, сложенных трудноразмываемыми породами, увеличиваются размеры хвостья островов или образуются косы.

На Среднем Амуре, в пределах озерно-аллювиальных равнин, где преобладают широкопойменные типы русла, наибольшее распространение имеют поймы равнинных рек: сегментно-гривистая, гривисто-островная, ложбинно-островная, сегментно-островная, грядово-ложбинная и грядово-островная. Эти типы пойм формируются в условиях свободного развития русловых деформаций в легкоразмываемых озерно-аллювиальных отложениях или с чередованием свободных и ограниченных условий развития. Грядово-ложбинный тип по выраженности мезоформ рельефа может быть также подразделен на волнисто-ложбинный, гривисто-ложбинный и рёечно-ложбинный типы поймы. Их развитию здесь способствуют свободные условия развития русловых деформаций и поймообразующих процессов, а также литология берегов, которые сложены легкоразмываемыми породами (песками, супесями, суглинками, алевритами и др.). Рельеф таких пойм носит следы аккумуляции наносов, ледовой эрозии, эоловых и биогенных процессов. Меньшее распространение получили здесь участки с отсутствием поймы в пределах врезанного относительно прямолинейного русла. Однако распределение доли того или иного типа поймы напрямую связан с условиями формирования русла, поэтому в пределах Среднего Амура она варьируется по-разному на трех выделенных участках (см. п 3.1.1.).

На первом участке Амура, от г. Благовещенска до с. Пашково в пределах Амуро-Зейской равнины, преобладают русла с сегментно-гривистой поймой (43%), меньшее распространение у гривисто-островной (30 %) и ложбинно-островной (27%) пойм (рис.33). Пойма на этом участке протягивается на всем протяжении реки, и её ширина в среднем составляет 10–

15 км. Большая часть поймы сложена здесь песчаными и супесчаными отложениями, мощность которых составляет 2–3 м. Высота пойменного уступа в зависимости от возраста пойменных массивов может достигать 5–7 м над урезом воды.



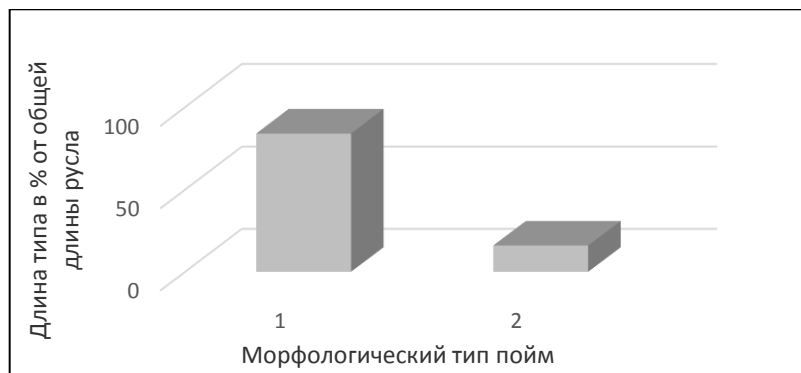
**Рисунок 33. Распространенность различных морфологических типов поймы Амура на участке в пределах Амуро-Зейской равнины (составлено автором): 1. сегментно-гривистая, 2. гривисто-островная, 3. ложбинно-островная**

В меандрирующих руслах здесь формируются как правило сегментно-гривистые поймы. Поверхность такой поймы волнистая: представляет собой чередование широких пологих грив (бывших побочней), сформированных в разное время, между которыми располагаются межгривенные слабовыраженные в рельефе ложбины (бывшие пригребневые части побочня) (рис.34). Пойменные гривы характеризуются высотой (2–4 м), радиусом кривизны и ориентировкой относительно друг друга. Их расположение на поверхности поймы повторяет положение русла в более раннее время.



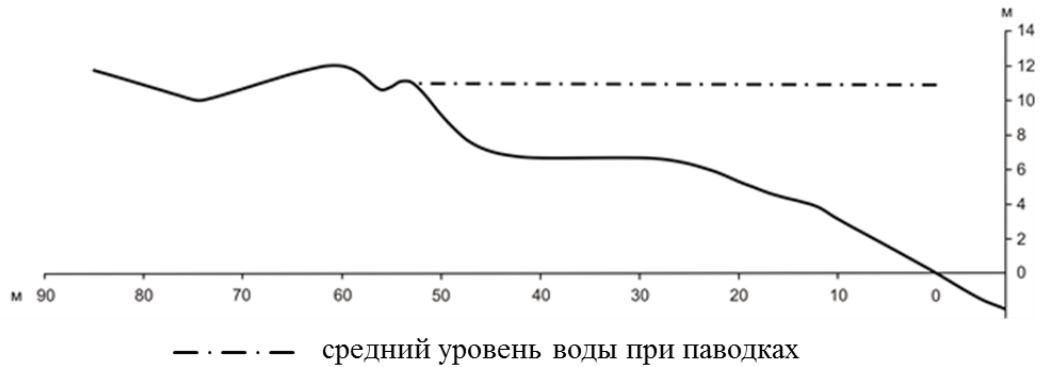
**Рисунок 34. Поверхность сегментно-гвивистой поймы Амура на Амуро-Зейской равнине (фото из Google Earth)**

При пересечении рекой Малого Хингана почти на всём протяжении пойма отсутствует (84 %, рис.35) или встречаются небольшие фрагменты побочной поймы вдоль выпуклых берегов излучин реки, причлененных к коренному склону долины и имеющих резко выраженный перегиб профиля в тыловой части (рис.36). Часто такие пойменные участки встречаются в устьях небольших притоков р.Амура – р.Помпеевки, р.Шумячиха, р.Кухнечиха, р.Лагар и др.



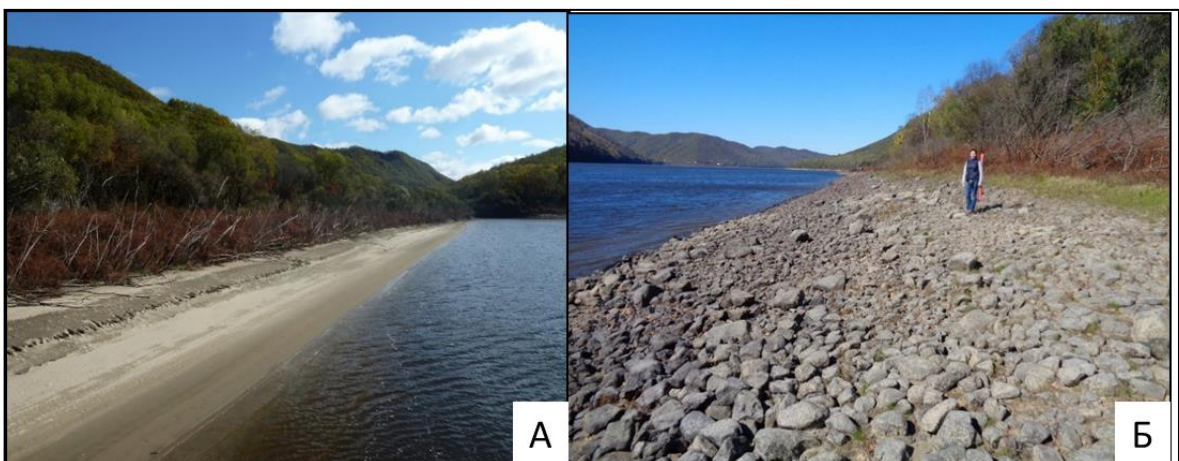
**Рисунок 35. Распространенность различных морфологических типов пойм Амура на участке в пределах Малого Хингана (составлено автором): 1. без поймы, 2. сегментно-гвивистая**





**Рисунок 36. Поперечный профиль поймы Амура в районе села Помпеевка, расположенный между сопками горной системы Малого Хингана (составлено автором)**

Высота фрагмента побочной поймы не превышает 3–4 м над урезом воды. Мощность пойменной фации достигает в среднем 1,5 м и состоит из чередования прослоев супеси, тонкозернистого оглиненного песка и легкого суглинка, подстилаемых песчано-гравийно-галечниковыми отложениями русловой фации с преобладанием мелкой (1–3 см по средней оси) достаточно хорошо окатанной гальки. В прирусловой части бечевники покрыты в основном травянисто-кустарничковой растительностью из горца перечного и ивы Шверина, выше берега покрыты широколиственными лесами. Также встречаются песчаные или галечные отмели (рис.37), образованные в результате осаждения речных наносов или переотложения крупного валунного материала со склонов.



**Рисунок 37. А. Песчаная отмель; Б. Каменистая насыпь на левом берегу Амура в районе с.Пампеевка, хр.Малый Хинган (фото Е.К. Губарёвой, 2014)**

От с. Башурово до с. Радде, расположенных в внутригорной впадине, сформировался пойменный массив (рис. 38) с сегментно-гривистым рельефом, ширина которого составляет до 5 км на правом берегу и до 2 км на левом. Поверхность поймы сложена чередованием серо-желтого тонкозернистого слабглинистого песка с супесью серого и темно-серого цвета, мощность которых достигает 3 м и более.

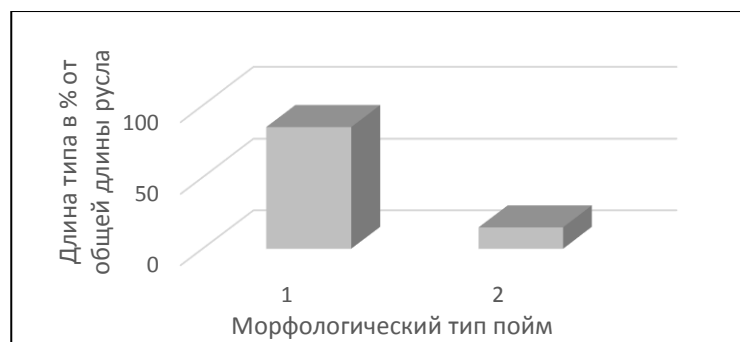


**Рисунок 38. Вид на пойменный массив р. Амура в районе с.Радде  
(фото из Google Earth)**

При выходе из Хинганского ущелья на Среднеамурскую низменность, от с. Екатерино-Никольское до устья р. Самары, на протяжении 40–50 км формируется сегментно-гривистая и многоуровневая пойма (высота её снижается вниз по течению от 8–10 м до 4–5 м). Эта особенность обусловлена вертикальными деформациями русла на участке, проявляющимися в постоянном накоплении аллювиальных отложений на краю опускающейся впадины в зоне сочленения с поднимающейся горной системой Малого Хингана. Они проявляются в чередовании слабого врезания русла Амура или медленным повышением его отметок в результате аккумуляции. Следы врезания русла хорошо сохранились в виде невысоких уступов на пойме и первой террасе реки в районе сел Амурзет и Екатерино-Никольское, а также на правом берегу реки в районе пос. Миньшань (КНР).

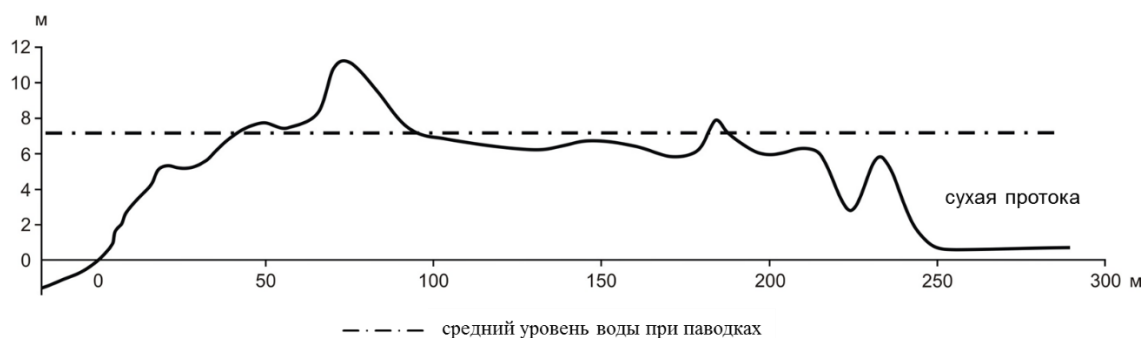
Ниже по течению в пределах Среднеамурской низменности в одиночных и односторонних, а также сопряженных разветвлениях формируется

ложбинно-островная пойма, доля которой на участке составляет 15% (рис.39).

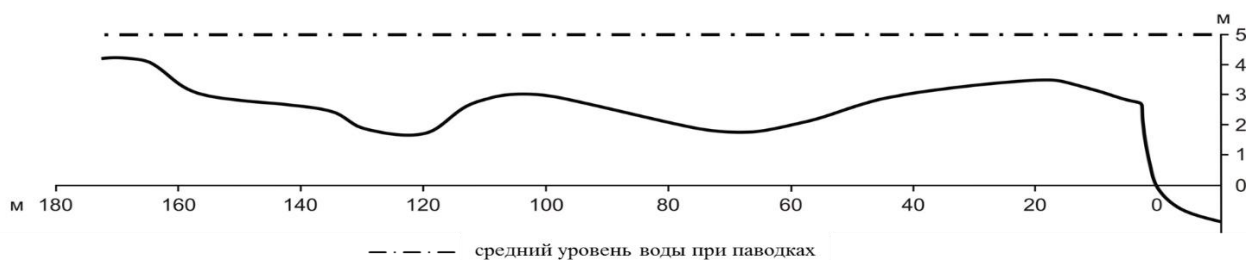


**Рисунок 39. Распространенность различных морфологических типов пойм на участке в пределах Среднеамурской низменности (составлено автором): 1. грядово-ложбинная, 2. ложбинно-островная**

При выходе из Хинганского ущелья острова характеризуются вытянутой формой и большой (по сравнению с нижележащими участками) высотой. Средняя высота островов над урезом воды составляет 5–7 м (рис.40). По мере приближения к центральной, наиболее прогибающейся части низменности, высота поверхности островов уменьшается. Средняя высота поверхности поймы – от 3 до 5 м (рис.41). Поверхность поймы приподнята над урезом в среднем на 2 – 3 м.



**Рисунок 40. Поперечный профиль поймы о.Максимкин, при выходе из Хинганского ущелья (составлено автором)**



**Рисунок 41. Поперечный профиль поймы в пределах острова Сахалин, на Среднеамурской низменности (составлено автором)**

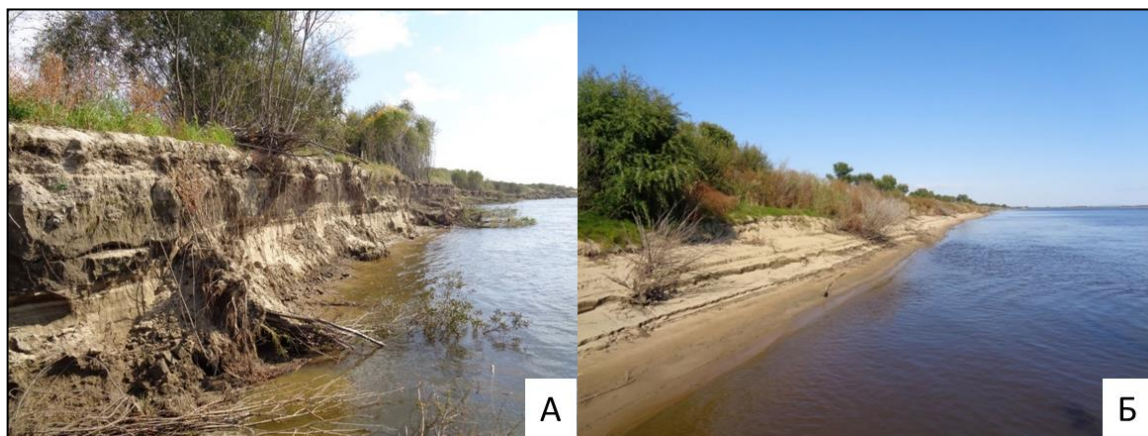


На примере типичных для равнинного участка амурского бассейна островов Максимкин и Сахалин можно отметить, что морфологическое строение их сложное: поверхность волнистая с сетью субпараллельных чередующихся ложбин и невысоких рёлок – эоловые дюны, сформированные на древних прирусловых валах. Они имеют один крутой, обрывистый склон, который направлен к руслу реки, и противоположный пологий склон. По направлению от берега в тыловую часть островов выделяются: высокий прирусловой вал, и затем – флювиальный гривистый рельеф. Прирусловой вал и гривы отделены друг от друга ложбинами – межгривными понижениями, рельеф которых часто осложнен кочками или сухими озерцами с осокой. Слабозадернованные борта межгривенных понижений указывают на высокие скорости потока, проходящего по ложбинам во время паводков, и на эрозионную работу, ими производимую.

В прирусловой части поймы располагается песчаная отмель, за которой обычно начинается ступенчатый склон прируслового вала. Прирусловой вал характеризуется шириной 20–50 м, высотой до 4 м. Он имеет асимметричный профиль с крутым склоном, обращённым к руслу, и более пологим противоположным склоном. На поверхности прируслового вала песчаный наилот и песок, образуют грядообразные формы микрорельефа, которые покрыты первичной травянистой растительностью из осоки, полыни и горца перечного.

За прирусловым валом располагается плоская заросшая высоким тростником и мискантусом поверхность острова, которая переходит в эоловую рёлку с крутыми склонами. Кустарниковая и древесная растительность покрывает возвышенные участки островной поймы, а небольшие лесные массивы расположены в глубине острова и состоят из: боярышника, клёна мелколистного, дуба монгольского и др. Ещё одной особенностью пойм на участке в пределах Среднеамурской низменности является выделение двух

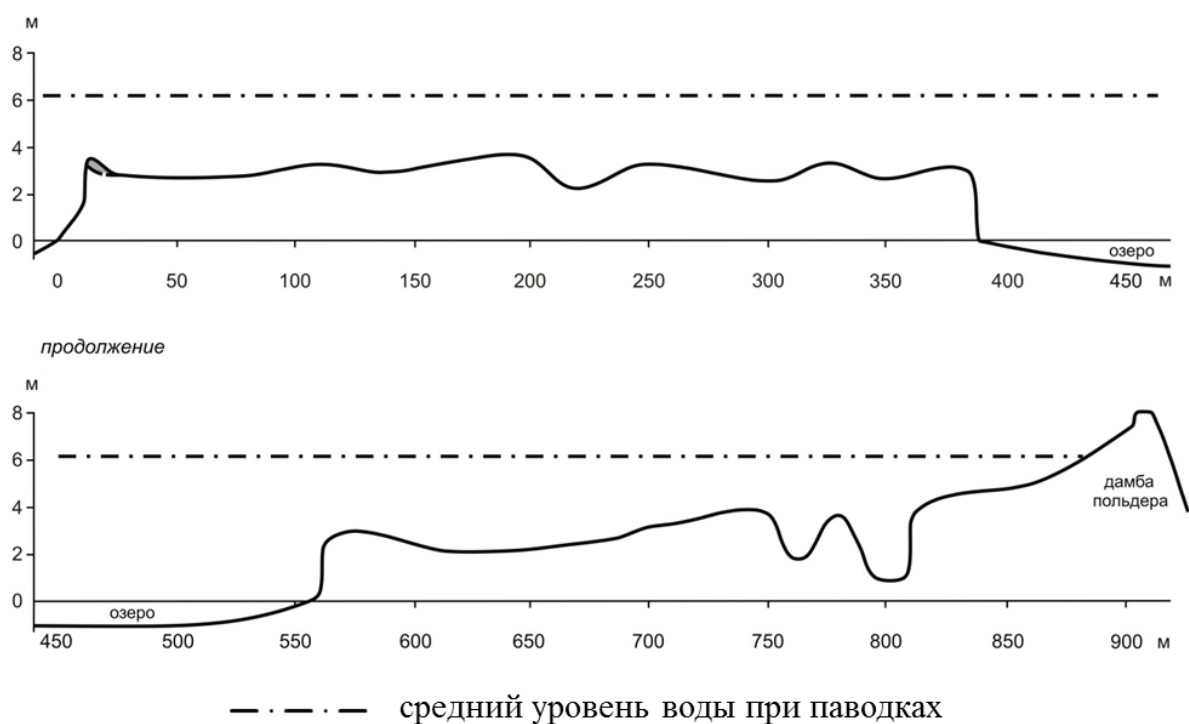
типов берегов: обрывистый (рис.42.А), который подвержен активному размыву; ступенчатый (рис.42.Б), на котором аккумулируется материал, приносимый речным потоком.



**Рисунок 42. А. Обрывистый берег Амура в устье острова близ устья протоки Венцелевской; Б. Ступенчатый берег поймы острова в истоках протоки Средней (фото Е.К. Губарёвой, 2014)**

На рассматриваемом участке р. Амура можно отметить множество крупных пойменных массивов с пойменной многорукавностью, сопровождающейся вторичной разветвленностью основного русла и меандрированием второстепенных пойменных рукавов. Они представляют собой широкие пойменные массивы (до 5 тыс. км<sup>2</sup>), в пределах которых русло разделяется на несколько крупных и мелких рукавов, которые веерообразно расходятся вниз по течению и образуют сложную гидрографическую сеть.

На большом протяжении русла пойма в пределах Среднеамурской низменности грядово-ложбинная (85 % от длины участка, см.рис.49). Этот тип поймы образуется в пойменно-русловых разветвлениях при присоединении кос или смещающихся небольших островов к достаточно стабильному пойменному массиву. Поверхность такой поймы представлена чередованием грив (рис.43), между которыми расположены ложбины, обычно приуроченные к местам бывших рукавов и стариц, часто заполненные водой и представляющие собой небольшие пойменные озера (рис.44).



**Рисунок 43. Поперечный профиль поймы на острове Большой Уссурийский  
(составлено автором)**

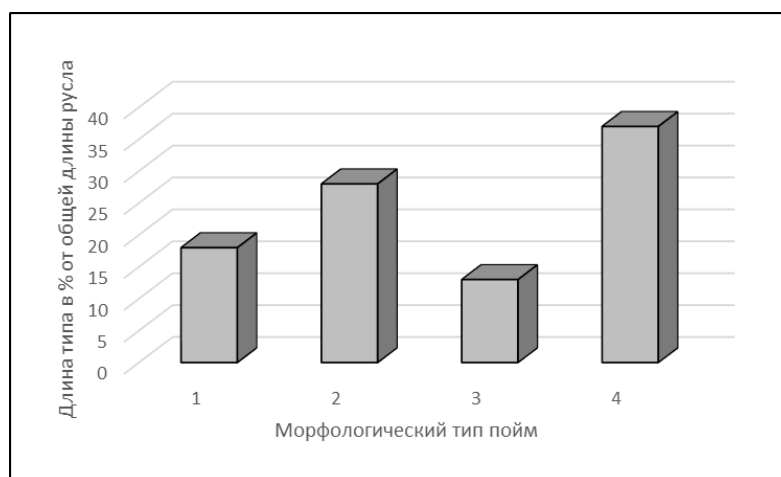


**Рисунок 44. Пойменное озеро на о.Большой Уссурийский  
(фото Е.К. Губарёвой, 2014)**

Вместе с тем пойма на данном участке примыкает к аллювиальной равнине – крупным фрагментам древних пойменных массивов, которые представляют собой выровненные поверхности с крутосклонными узкими протоками извилистых очертаний и покрытые смешанными и широколиственными лесами из березы, осины, дуба и других лиственных пород. Рельеф

поверхности в пределах этих массивов сглажен длительным осадконакоплением. Релки и древние прирусловые валы слабо выражены в рельефе, но отчетливо фиксируются в разрезах.

На участке от устья р.Уссури и по р.Сунгаче, отмечается преобладание русла с сегментно-гривистой (37 %) или сегментно-островной (30 %) поймой, меньше встречается русло с ложбинно-островной поймой (13 %), также есть участки без поймы (20 %) (рис.45).



**Рисунок 45. Распространенность различных морфологических типов пойм на пограничном участке р.Уссури (составлено автором): 1 – беспойменные участки, 2 – сегментно-островная, 3 – ложбинно-островная, 4 – сегментно-гривистая**

В пределах Приханкайской равнины в разветвленно-извилистом русле р.Уссури формируется широкая сегментно-гривистая пойма (от 4 до 10 км) с участками пойменной многорукавности. В пределах широкопойменных участков здесь встречаются следы древнего положения русла и многочисленные озера подкововидной формы.

В суженной долине р. Уссури, между хребтами Черный, Стрельникова, Красная Сопка (горная система Сихотэ-Алиня) и хр. Лоелин, в относительно-прямолинейном русле с одиночными или разбросанными разветвлениями эпизодически встречается ложбинно-островная и просто островная пойма (т.к. берега беспойменные), узкая и фрагментарная пойма. Ниже устья р.Хора она вновь становится двусторонней сегментно-островной.

На устьевом участке к руслу справа примыкает хребет Хёхцир и русло становится полугорным и беспойменным. Непосредственно в устье р.Усури русло снова формируется в свободных условиях и имеет сегментно-островную пойму с пойменной многорукавностью.

В пределах этой низменной равнины также формируется широкая пойма р. Сунгачи (рис.46). Её ширина – 4–5 км, площадь – 1650 км<sup>2</sup>. Поверхность поймы имеет слабо выраженный сегментно-гвивистый первичный рельеф, а также хорошо сохранившиеся следы древних положений русла (изогнутые гривы и старицы) [Губарева, 2015].



**Рисунок 46. Сегментно-гвивистая пойма р.Сунгачи (Е.К. Губарёвой, 2014)**

### **3.1.3. Типы пойменно-русловых комплексов (ПРК) рек**

Анализ распространения различных морфодинамических типов русел и морфологических типов пойм на исследуемом участке бассейна Амура позволяет сделать вывод о соотношении этих типов между собой и условиями их развития, а также провести типизацию пойменно-русловых комплексов (ПРК). Принцип типизации и описания ПРК дан в работах С.Л. Ефимовской [2009], А.В. Чернова [2011] и А.В. Аношкина [2011], где типы ПРК выделяются на основе анализа отдельных типов русел и пойм, их сочетаний, особенностей развития ПРК, а также ряда таких факторов как: орографический, геолого-литологический, показатели водности и др. Основываясь на

данных принципах, была проведена типизация ПРК на исследуемых реках бассейна Амура (таблица 4). Каждый тип имеет своё распространение по длине русла реки в верхнем, среднем и нижнем течениях.

**Таблица 4. Типизация ПРК рек бассейна Амура на пограничном участке**

<b>Типы пойменно-русловых комплексов</b>	<b>Доля, %</b>
<b>Область с чередованием ограниченных и свободных условий развития ПРК</b>	
ПРК относительно прямолинейного врезанного русла без поймы или с участками узкой односторонней поймы, сложенной гравийно-галечными или галечно-валунными отложениями	16
ПРК относительно прямолинейного русла с одиночными и односторонними разветвлениями, с островной поймой, сложенной галечными отложениями	46
ПРК врезанных пологих и крутых излучин с одиночными разветвлениями с островной поймой, сложенной галечными отложениями	15
ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с односторонней фрагментарной поймой, сложенной галечно-песчаными отложениями	10
ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с одиночными и односторонними разветвлениями, с параллельно-гривистой поймой, сложенной галечными отложениями	2
ПРК адаптированного пологоизвилистого русла с сегментно-гривистой поймой, сложенной галечно-песчаными отложениями	11
<b>Область со свободными условиями развития ПРК</b>	
ПРК меандрирующего русла с сегментно-гривистой поймой, сложенной песчаными и супесчаными отложениями	11
ПРК меандрирующего (пологоизвилистого) русла с одиночными или односторонними разветвлениями, с сегментно-гривистой поймой, сложенной песчаными и супесчаными отложениями	5
ПРК разветвленно-извилистого русла с сегментно-островной поймой, сложенной песчаными и глинистыми отложениями	11
ПРК разветвленно-извилистого русла с сопряженными разветвлениями, с ложбинно-островной поймой, сложенной песчаными и глинистыми отложениями	9
ПРК разветвленно-извилистого русла с устьевым разветвлением с ложбинно-островной поймой, сложенной песчаными и глинистыми отложениями	10
ПРК разветвленно-извилистого русла с пойменно-русловыми разветвлениями, с гривисто-островной поймой, сложенной песчаными и глинистыми отложениями	50
ПРК меандрирующего русла с сегментно-гривистой заболоченной поймой, сложенной суглинистыми и супесчаными отложениями	4



В верхнем течении Амура сужения долины чередуются с расширениями. В пределах узкой V-образной долины формируются относительно прямолинейные неразветвленные русла, в расширениях долины в относительно прямолинейном адаптированном русле с односторонней поймой образуются одиночные разветвления и вынужденные излучины. Таким образом, в на этом участке реки сменяют друг друга шесть типов пойменно-русловых комплексов.

От слияния р. Шилки и р. Аргуни в V-образной долине расположены ПРК относительно прямолинейного врезанного русла без поймы или с участками узкой односторонней поймы с гравийно-галечными или галечно-валунными руслообразующими отложениями (рис.47). Борта долины сложены скальными породами (преимущественно гранитоиды). Ширина русла колеблется от 270 до 490 м, глубина – от 2 до 4 м, скорость течения – 1,4–1,6 м/с, уклон – 2,8 ‰ [Гусев, 2002].



**Рисунок 47. ПРК относительно прямолинейного врезанного беспойменного русла Амура в верхнем течении (вблизи устья р.Амазар)**

ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с односторонней фрагментарной поймой с галечными руслообразующими отложениями расположены в ящикообразной террасированной долине (рис.48). Ширина русла составляет 400–500 м, глубина – от 1,5 до 5 м, скорость течения – до 1,8 м/с. Уклон уменьшается до 0,21‰. Ширина поймы колеблется от 0,5 до 4–5 км, ее высота до 6–9 м [Гусев, 2002].

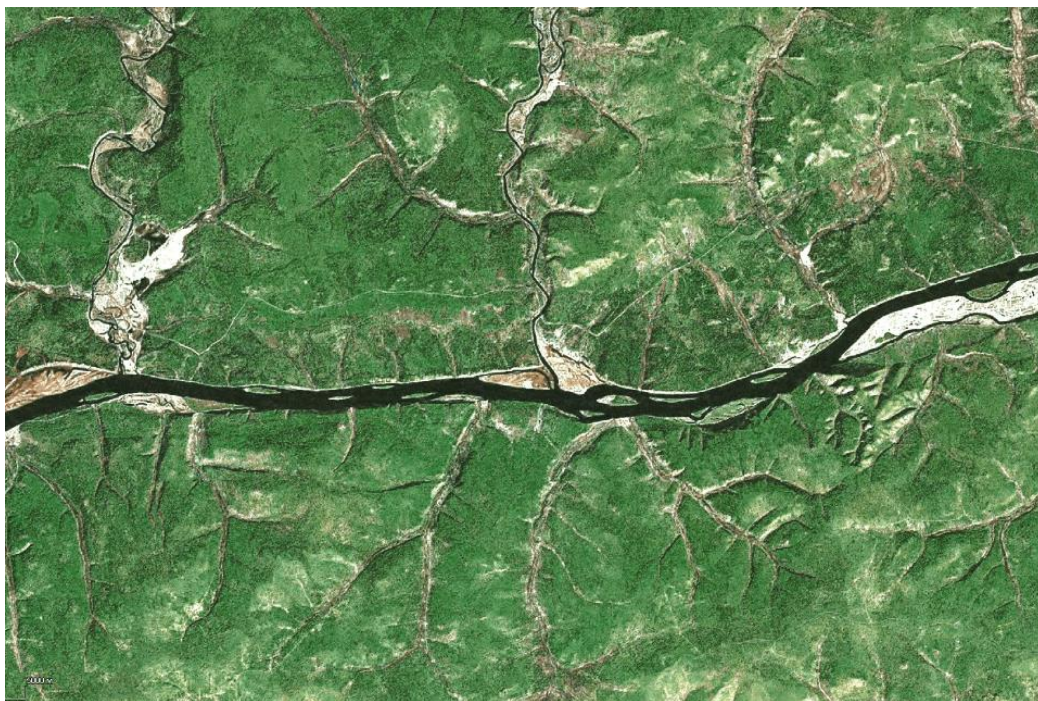


**Рисунок 48. ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла Амура с односторонней фрагментарной поймой (устья р.Урки)**

В относительно прямолинейном русле встречаются небольшие участки извилистого русла с одиночными островами и осередками у коренного, как правило, правого берега, сложенного скальными породами. На противоположном берегу располагаются пойменные массивы шириной 3–4 км, разделенные пойменными протоками.

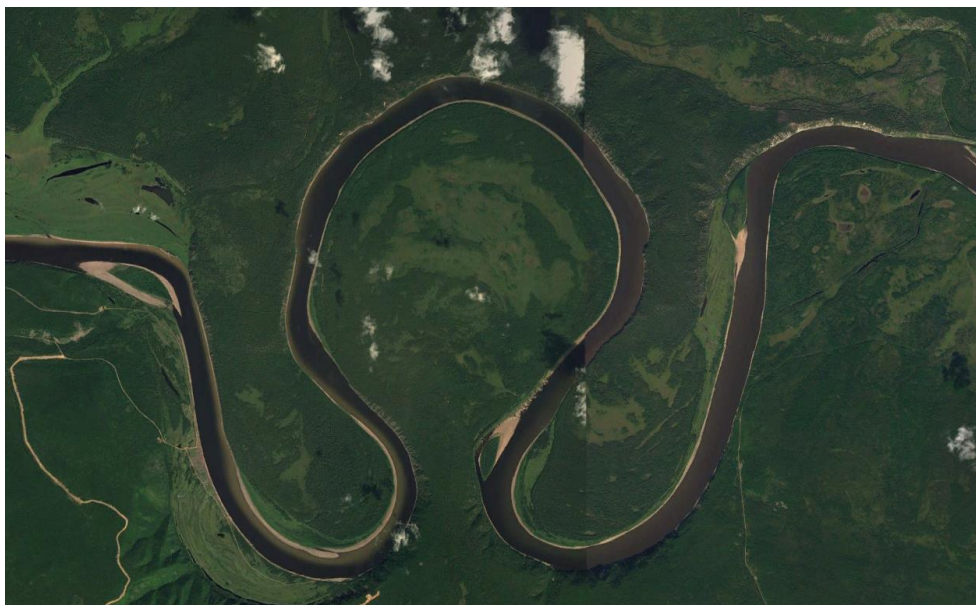
Ниже устья р. Амазар выделяется ПРК адаптированного пологоизвилистого русла с узкой односторонней сегментно-гвивистой поймой с галечно-песчаными руслообразующими отложениями (рис.49). Ширина русла составляет 400–800 м, ширина поймы – 0,2–2 км. Ниже устья р. Уруши в пределах данного ПРК в русле встречаются одиночные острова у правого или левого берега, а ниже устья р. Омутой – много галечных осередков [Гусев, 2002].





**Рисунок 49. ПРК адаптированного пологоизвилистого русла Амура с узкой одно-  
сторонней сегментно-гвивистой поймой между устьем р.Уруши и устьем р.Ольдой**

Ниже устья р.Ольдой в V-образной речной долине сформировался ПРК врезанных пологих и крутых излучин с одиночными пойменными разветвлениями с галечными отложениями. Этот участок называют «Черпельскими кривунами» (рис.50). Как правило, эти крутые излучины характеризуются высокой степенью развитости ( $l/L$  от 2,3 до 4, где  $l$  – длина излучины по руслу,  $L$  – шаг излучины (расстояние между точками перегиба соседних излучин)) и располагаются в зоне дробления скальных коренных пород. Выгнутые берега излучин – беспойменные, обрывистые; выпуклые – узкопойменные. Борта долины имеют значительную высоту – до 100–130 м и сложены скальными породами, что обуславливает ограниченные условия развития ПРК [Гусев, 2002].



**Рисунок 50. Черпельские кривуны (ниже устья р.Бургали)**

От устья р.Амурхэ начинается участок ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с одиночными и односторонними разветвлениями с односторонней, реже двусторонней островной поймой (рис.51) в пределах ящикообразной долины, берега которой сформированы чередованием трудноразмываемых пород (галечники, гравийники) и менее прочных пород (известняков, песчаников и др.).

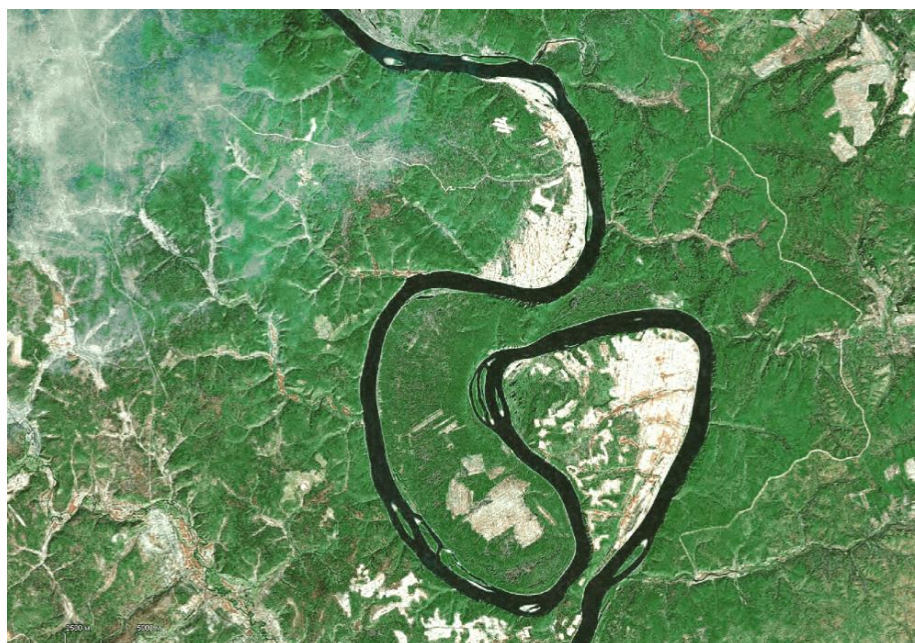


**Рисунок 51. ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла Амура с одиночными и односторонними разветвлениями с односторонней поймой**



На этом участке сменяют друг друга отрезки относительно прямолинейного русла и русла с одиночными или пойменно-русловыми разветвлениями. Ширина русла составляет 400–500 м, глубина от 1,5 до 5 м, ширина поймы – 0,5 – 5 км. Скорость течения достигает 1,8 м/с. Уклон уменьшается до 0,21‰ [Антроповский, 1997; Гусев, 2002].

Ниже устья р. Хумаэрхэ также, как и ниже устья р.Ольдой, формируются ПРК врезанных пологих и крутых излучин. Ширина русла – 450–500 м, глубина – 2,0–7,8 м, скорость течения – 1,2–1,6 м/с, уклон – 0,19‰. На этом участке расположены «Корсаковские кривуны» (рис.52) – следующие друг за другом смежные врезанные излучины. Борта долины на этом участке сложены трудноразмываемыми породами – гранитоидами, а также эффузивными и метаморфическими породами. В русле здесь также встречаются аккумулятивные острова, а пойма практически отсутствует [Гусев, 2002].



**Рисунок 52. Корсаковские кривуны (пос.Буссе)**

Ниже кривунов и до устья р.Зеи на большей части участка сформировалось ПРК относительно прямолинейного русла без поймы, врезанного в поверхность террас, которые сложены галечником. Только на отрезке между п. Сергеевкой и п. Марково, в расширении долины реки, сформировались ПРК разветвленно-извилистого русла с сопряженными разветвлени-

ями с ложбинно-островной поймой преимущественно с супесчаными и песчаными отложениями (рис.53). В начале этого отрезка пойма односторонняя, а на нижнем участке в районе п. Марково становится двухсторонней, шириной до 7 км.



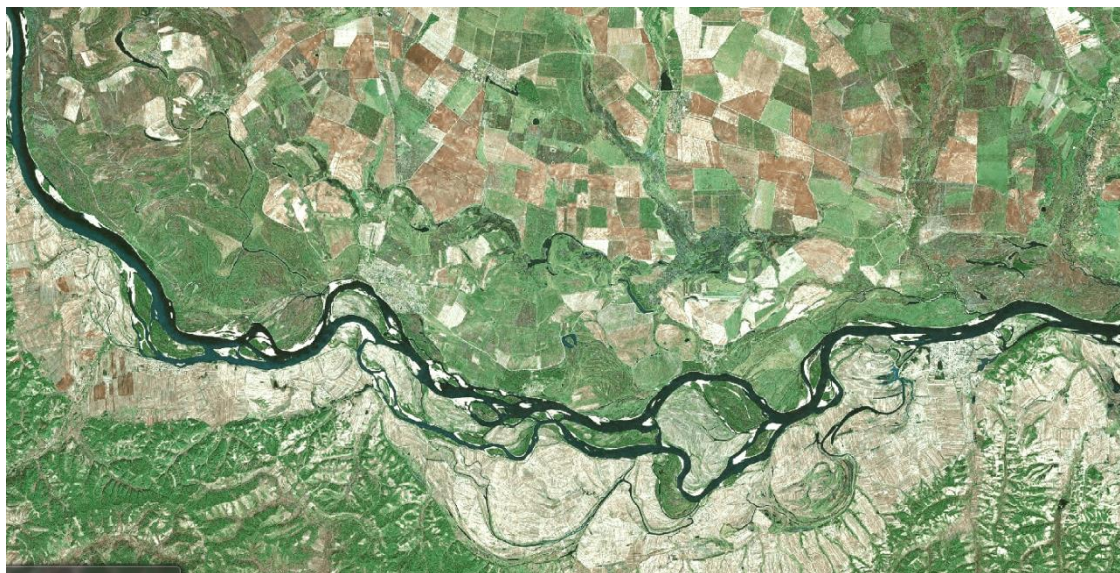
**Рисунок 53. ПРК разветвленно-извилистого русла Амура с сопряженными разветвлениями с ложбинно-островной поймой**

В среднем течении Амур пересекает Зейско-Буреинскую равнину, систему хребтов Малого Хингана и Среднеамурскую низменность. Здесь распространены восемь типов пойменно-русловых комплексов.

На участке в пределах Зейско-Буреинской равнины между крупным притоком Амура – рекой Зеей и хребтами Малого Хингана в пределах широкой террасированной долины Амура расположен ПРК меандрирующего русла с сегментно-гвивистой поймой, сложенной легкоразмываемыми аллювиальными породами (супеси, суглинки, пески). Излучины на участке характеризуются пологой сегментной формой при степени развитости ( $I/L$ ), не превышающей 1,7. На этом отрезке реки местами встречаются ПРК разветв-



ленно-извилистого русла с пойменно-русловыми разветвлениями и гривисто-островной поймой (рис.54). На большей части здесь четко выражена русловая и пойменная многорукавность. Левобережная пойма широкая (9–12 км) и непрерывная, правобережная – не такая широкая (до 10 км) и расположена фрагментарно, прерываясь выступами скальных пород и цокольных террас, подходящих непосредственно к руслу реки.



**Рисунок 54. ПРК разветвленно-извилистого русла Амура с пойменно-русловыми разветвлениями и ложбинно-островной поймой в пределах Зейско-Буреинской равнины**

ПРК относительно прямолинейного врезанного русла без поймы или с участками узкой односторонней поймы (рис.55) у выпуклых берегов врезанных излучин расположен на участке, где речная долина Амура пересекает хребты – Малый Хинган, Сутарский и Помпеевский. Долина реки здесь имеет V-образный профиль, а её берега сложены скальными породами – гранитами, гнейсами, кристаллическими сланцами, базальтами. Высокие террасы расположены фрагментарно, их поверхность наклонена к руслу Амура под углом 3–5° и сложена трудноразмываемыми глинисто-обломочными элювиальными породами и галечниками. Верхние террасы (цокольные) имеют высоту до 50–60 м, нижние – до 20–25 м. Ширина русла на участке составляет 700–900 м. В нем в приустьевых частях притоков возле берегов встречаются одиночные острова, длина которых в среднем составляет 1–2

км; а во время межени возле берегов проявляются узкие глыбистые бечевники, размер которых может достигать 20 м в ширину. Русловые отложения здесь характеризуются галечно-гравийным и песчаным составом [Завадский и др., 2000; Губарева, Чернов, 2015].



**Рисунок 55. ПРК относительно прямолинейного врезанного русла Амура без поймы при пересечении хр. Малый Хинган**

В пределах Среднеамурской низменности речная долина представляет собой широкопойменное террасированное пространство, ограниченное уступами плоской поверхности озерно-аллювиальной аккумулятивной равнины. Ширина долины на большей части участка составляет от 10 до 20 км, а в местах приближения русла к низкогорным массивам (например, гор Илигашань) на правом берегу реки уменьшается до 4–5 км. В основном берега долины слагает преимущественно легкоразмываемый песчаный и суглинистый аллювий.

При выходе реки на низменность формируется ПРК меандрирующего пологоизвилистого русла с одиночными и односторонними разветвлениями с островной поймой сложенной галечными (русловая фация) и супесчаными (пойменная фация) отложениями (рис.56.1). Ниже по течению этот тип ПРК сменяется на ПРК разветвленно-извилистого русла с сегментно-островной

поймой с песчаными и глинистыми отложениями (рис.56.2). Ниже с. Нагибово чередуются типы ПРК разветвленно-извилистого русла с ложбинно-островной и сегментно-островной проточной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (рис.56.3) и ПРК разветвленно-извилистого русла с пойменно-русловыми разветвлениями с гривисто-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (рис.56.4). На участке Амуро-Сунгарийского водного узла сформировался ПРК разветвленно-извилистого русла с устьевым разветвлением с ложбинно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (рис.56.5) [Губарева, Чернов, 2015].

В пределах ПРК разветвленного русла ширина русла составляет 0,5–1,5 км; ширина поймы – 5–15 км. В таких ПРК сложные пойменно-русловые, сопряженные или устьевые разветвления формируют сложную гидрографическую сеть. Рукава этих разветвлений свободно меандрируют. Образующиеся на данном участке острова очень динамичны и развиваются, смещаясь вниз или вверх по течению [Завадский и др., 2000].

В бассейне реки Уссури на пограничном участке выделяются шесть пойменно-русловых комплексов, характеризующихся разным набором их типов.

На Приханкайской равнине ниже устья р.Сунгачи долина р.Уссури является широкопойменной и здесь в песчаных и супесчаных отложениях формируются ПРК меандрирующего русла с сегментно-гривистой поймой (рис.57), на которой хорошо сохранились следы древних положений русла. Русло представлено сегментно крутыми и омеговидными излучинами. Его ширина здесь составляет в среднем 200 м, после впадения трех крупных притоков (р. Большая Уссурка, р. Цихулиньхэ, р. Абуциньхэ) русло расширяется до 600 м; ширина поймы в пределах данного участка составляет 5–10 км [Губарева, Чернов, 2015].





1



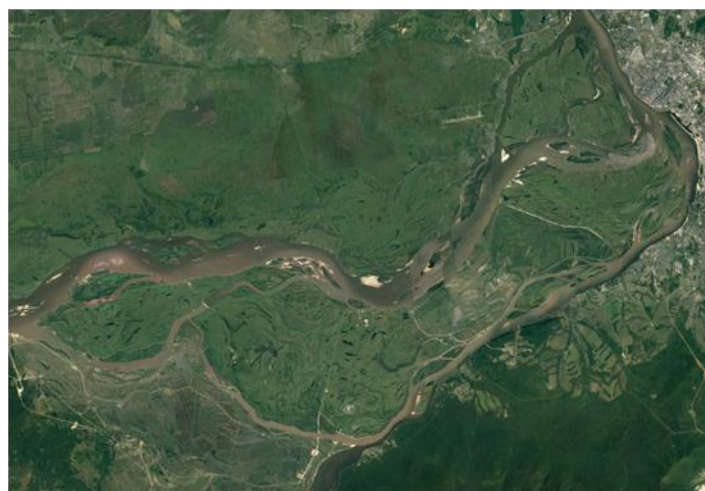
2



3



4



5

**Рисунок 56. Типы разветвленных ПРК Амура в пределах Среднеамурской низменности: 1 – с одиночными разветвлениями и островной поймой; 2 – Разветвленно-извилистого русла с сегментно-островной поймой; 3 – разветвленно-извилистого русла с сегментно- и ложбинно-островной поймой с пойменной многорукавностью; 4 - разветвленно-извилистого русла с пойменно-русловыми разветвлениями с гриvisto-островной поймой; 5 - разветвленно-извилистого русла с устьевым разветвлением с ложбинно-островной поймой**

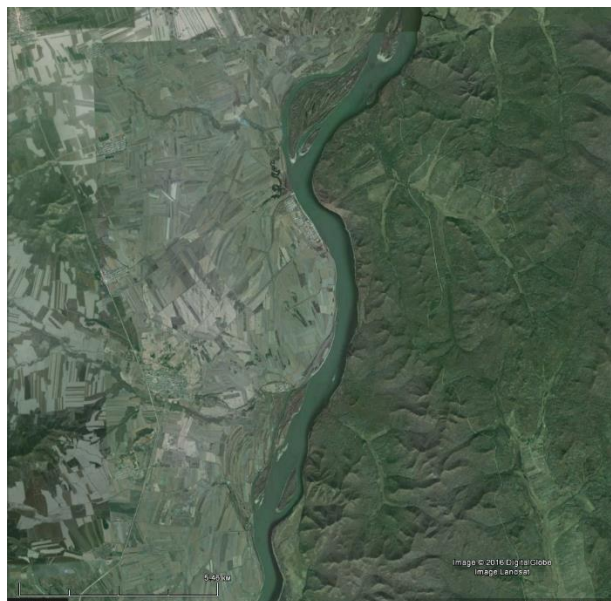




**Рисунок 57. ПРК меандрирующего русла р.Уссури с сегментно-гвивистой поймой**

Ниже впадения в р.Уссури левого притока р.Мулинхэ формируются ПРК меандрирующего (пологоизвилистого) русла с одиночными и односторонними разветвлениями, с сегментно-гвивистой поймой (рис.58), развивающиеся в песчаных и супесчаных отложениях. На этом участке основной тип ПРК осложняют односторонние разветвления. Ширина русла равна 200–300 м; ширина поймы – до 10 км.

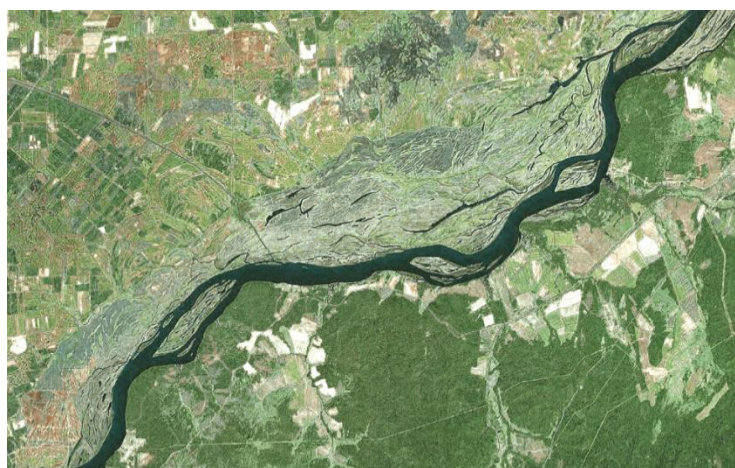
Перед впадением в р.Уссури правого притока – р.Бикина река протекает в грабене, который соединяет Приханкайскую и Среднеамурскую низменности, вследствие чего правый коренной берег реки сложен скальными породами, перекрытыми склоновыми элювиальными отложениями, а левый берег – пойменный и низкий. В данных условиях на участке от пос. Нижнемихайловка до пос. Вяземский формируется ПРК адаптированного извилистого русла с сегментно-островной поймой с галечно-песчаными отложениями (рис.59). Ниже по течению от пос.Вяземский до устья р.Хора формируется ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с одиночными разветвлениями с чередованием ложбинно-островной и параллельно-гвивистой поймой, развивающееся в галечно-песчаных отложениях (рис.60) [Завадский и др., 2012; Губарева, Чернов, 2015].



**Рисунок 58. ПРК пологоизвилистого русла Усури с одиночными и односторонними разветвлениями с сегментно-гривистой поймой**



**Рисунок 59. ПРК адаптированного извилистого русла Усури с сегментно-островной поймой**



**Рисунок 60. ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла Усури с одиночными разветвлениями с параллельно-гривистой поймой**



Ниже устья р. Хора формируется ПРК разветвленного русла с сопряженными разветвлениями с прерывистой на правом и сплошной на левом берегу ложбинно-островной поймой и пойменной многорукавностью (рис.61) с песчаными и супесчаными отложениями. В пределах этих разветвлений длина островов составляет 3–7 км, а их ширина 1,5–2 км [Завадский и др., 2012].



**Рисунок 61. ПРК разветвленного русла р.Усури с сопряженными разветвлениями с односторонней сегментно-островной поймой и пойменной многорукавностью**

В устьевой части справа к руслу реки подходит хребет Большой Хёхцир, что обуславливает формирование здесь ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с односторонней сегментно-островной поймой с галечно-песчаными отложениями.

Отдельно выделяется ПРК меандрирующего русла с сегментно-гривистой заболоченной поймой (рис.62), характерных для основного притока Усури – реки Сунгачи, которая на всём протяжении является пограничной. Таким образом, на р. Сунгаче формируется только один тип ПРК. Эта река ещё не успела выработать четко выраженную в рельефе Приханкайской низменности долину, которая поэтому и состоит только из русла и поймы, без надпойменных террас. Долина Сунгачи выработана в верхнем и среднем течении в толщах озерных глин и суглинков, а в нижнем – в аллювиальных супесях и песках.



**Рисунок 62. ПРК меандрирующего русла Сунгачи с сегментно-гривистой поймой**

Ширина русла р.Сунгачи составляет от 35 до 40 м, поймы – от 4 до 5 км. Русло представлено сегментными пологими, крутыми, омеговидными, заваленными излучинами. Пойма реки имеет слабо выраженный сегментно-гривистый первичный рельеф, на её поверхности хорошо сохранились следы древних положений русла в виде грив и стариц [Губарева, 2015].

В результате, выделенные по морфологии пойменно-русловые комплексы на пограничном участке бассейна Амура, можно рассмотреть и с точки зрения их полноты структуры, и по характерным особенностям их функционирования и развития. В работе А.В. Чернова [2009а] ПРК разделены на две группы – полные и неполные. К первой группе относятся ПРК, образующиеся в свободных условиях развития русловых и пойменных деформаций в широкопойменных или ящикообразных долинах рек; в них при-

сутствуют все основные структурные элементы комплекса – русла с аккумулятивными формами, которые хорошо выражены в русловом рельефе, и двусторонняя пойма большой ширины с различными и разнообразными формами пойменного рельефа на её поверхности.

Ко второй группе относятся ПРК, которые образуются в ограниченных условиях развития русловых и пойменных деформаций в V-образных долинах, где основным элементом комплекса выступает русло, тогда как пойма формируется фрагментарно и небольшой ширины. При этом участки беспойменной долины также условно называют пойменно-русловым комплексом; тогда вместо поймы комплекс днища речной долины составляют врезанное русло, прирусловые отмели, пороги, бечевники (прирусловые части склонов долины) и пр.

Наибольшее распространение на пограничном участке бассейна Амура получили полные пойменно-русловые комплексы, составляющие 55% от всех длины исследуемого участка, 36% – неполные. Полные ПРК расположены в большей степени в среднем течении Амура и в нижнем течении Уссури.

В то же время, преобладание чередования ограниченных и свободных условий развития русловых и пойменных деформаций на данном участке обусловило различное соотношение пойменно-русловых комплексов по длине реки. В верхнем течении преобладают ПРК относительно прямолинейного русла с одиночными и односторонними разветвлениями с островной поймой с галечными отложениями (46 %), остальные типы имеют меньшее распространение, но также являются типичными для полугорных участков рек – ПРК относительно прямолинейного врезанного русла без поймы или с участками узкой односторонней поймы с гравийно-галечными или галечно-валунными отложениями (16 %), ПРК врезанных пологих и крутых излучин с одиночными пойменными разветвлениями с галечными отложениями (15 %), ПРК адаптированного пологоизвилистого русла с сегментно-гвивистой поймой с галечными отложениями (11 %), ПРК относительно

прямолинейного адаптированного русла с односторонней фрагментарной поймой с галечно-песчаными отложениями (10 %), ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с одиночными и односторонними разветвлениями с параллельно-гвивистой поймой с галечно-песчаными отложениями (2 %) (рис.63).



**Рисунок 63. Диаграмма соотношения различных типов ПРК в верхнем течении Амура (составлено автором):** 1-ПРК относительно прямолинейного врезанного русла без поймы или с участками узкой односторонней поймы с гравийно-галечными или галечно-валунными отложениями; 2-ПРК относительно прямолинейного русла с одиночными и односторонними разветвлениями с островной поймой с галечными отложениями; 3-ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с односторонней фрагментарной поймой с галечно-песчаными отложениями; 4-ПРК врезанных пологих и крутых излучин с одиночными пойменными разветвлениями с галечными отложениями; 5-ПРК адаптированного плогоизвилистого русла с сегментно-гвивистой поймой с галечными отложениями; 6- ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с одиночными и односторонними разветвлениями с параллельно-гвивистой поймой с галечно-песчаными отложениями

В среднем течении типы ПРК распределяются следующим образом: ПРК разветвленно-извилистого русла с пойменно-русловыми разветвлениями с гвивисто-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (50 %), ПРК относительно прямолинейного врезанного русла без поймы или с участками узкой односторонней поймы с гравийно-галечными или галечно-валунными отложениями (15 %), ПРК разветвленно-извилистого русла с сопряженными разветвлениями с ложбинно-островной поймой с

песчаными и глинистыми отложениями (11 %), ПРК разветвленно-извилистого русла с устьевым разветвлением с ложбинно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (10 %), ПРК разветвленно-извилистого русла с сегментно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (9 %), ПРК меандрирующего (пологоизвилистого) русла с одиночными или односторонними разветвлениями с сегментно-гвивистой поймой с песчаными и супесчаными отложениями (5 %) (рис.64).



**Рисунок 64. Диаграмма соотношения различных типов ПРК в среднем течении Амура (составлено автором):** 1-ПРК относительно прямолинейного врезанного русла без поймы или с участками узкой односторонней поймы с гравийно-галечными или галечно-валунными отложениями; 2-ПРК меандрирующего (пологоизвилистого) русла с одиночными или односторонними разветвлениями с сегментно-гвивистой поймой с песчаными и супесчаными отложениями; 3-ПРК разветвленно-извилистого русла с сегментно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями; 4-ПРК разветвленно-извилистого русла с сопряженными разветвлениями с ложбинно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями; 5- ПРК разветвленно-извилистого русла с устьевым разветвлением с ложбинно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями; 6- ПРК разветвленно-извилистого русла с пойменно-русловыми разветвлениями с гвивисто-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями

На пограничном участке р.Уссури наибольшую долю среди всех занимают ПРК разветвленно-извилистого русла с сегментно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (29 %), немного меньше – ПРК меандрирующего русла с сегментно-гвивистой поймой с песчаными и супесчаными отложениями (24 %), ПРК относительно прямолинейного

адаптированного русла с одиночными и односторонними разветвлениями с параллельно-гвивистой поймой с галечно-песчаными отложениями (16 %), ПРК разветвленно-извилистого русла с сопряженными разветвлениями с ложбинно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями (12 %) и ПРК меандрирующего (пологоизвилистого) русла с одиночными или односторонними разветвлениями с сегментно-гвивистой поймой с песчаными и супесчаными отложениями (11 %), наименьшую долю – ПРК адаптированного извилистого русла с сегментно-островной поймой с галечно-песчаными отложениями (рис.65).



**Рисунок 65. Диаграмма соотношения различных типов ПРК на пограничном участке Усури (составлено автором):** 1- ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с одиночными и односторонними разветвлениями с параллельно-гвивистой поймой с галечно-песчаными отложениями; 2-ПРК адаптированного извилистого русла с сегментно-островной поймой с галечно-песчаными отложениями; 3-ПРК меандрирующего (пологоизвилистого) русла с одиночными или односторонними разветвлениями с сегментно-гвивистой поймой с песчаными и супесчаными отложениями;4-ПРК разветвленно-извилистого русла с сегментно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями;5-ПРК разветвленно-извилистого русла с сопряженными разветвлениями с ложбинно-островной поймой с песчаными и глинистыми отложениями;6-ПРК меандрирующего русла с сегментно-гвивистой поймой с песчаными и супесчаными отложениями



### 3.2. Динамика пойменно-русловых комплексов рек

Анализ многолетней и современной динамики пойменно-русловых комплексов пограничных частей бассейна Амур и его притоков был проведен на примере нескольких ключевых участков. Они представляют различные типы ПРК и характеризуют основные переформирования русла и поймы. Данные о типе и направленности русловых деформаций, их характеристики (скорость размыва берегов и русловых форм, скорости поперечного смещения русла и др.) могут быть распространены и на другие однотипные участки рек, и использоваться для оценки геоэкологического состояния и опасности, возникающей в результате русловых процессов.

Рассматривая две основные группы пойменно-русловых комплексов, можно сделать вывод, что неполные ПРК более устойчивы во времени, чем полные (именно потому, что в неполных комплексах отсутствуют неустойчивые элементы – поймы, сложенные легкоразмываемыми породами), а деформации внутри таких комплексов практически отсутствуют; в них наблюдается только смещение гряд аллювиальных наносов вниз по течению. Среди группы полных ПРК по характеру деформаций можно выделить более устойчивые в динамическом плане типы и менее устойчивые широкопойменные. Для первых характерны следующие виды деформаций: смещение аллювиальных гряд и островов вниз по течению, незначительное изменение положения динамической оси потока в русле, размыв пойменных берегов, смещение русел к коренному берегу. Для вторых характерно проявление всего спектра горизонтальных русловых деформаций [Чернов, 2009а].

В верхнем течении реки Амур преобладают неполные ПРК, представленные в основном устойчивыми к деформациям руслами и стабильными фрагментарными небольшими пойменными массивами или осередками. Последние смещаются вниз по течению со скоростью 6–10 м за паводок. Ввиду литологической ограниченности горизонтальных русловых деформаций на большей части верхнего течения, главенствующую роль в развитии ПРК играют вертикальные русловые деформации. Только в расширениях речной

долины устойчивость ПРК к горизонтальным русловым деформациям снижается. На данном участке отмечено, что наибольшей опасностью, связанной с блужданием русла, характеризуются 8 участков реки, представленных ПРК относительно прямолинейного адаптированного русла с одиночными и односторонними разветвлениями и параллельно-гривистой поймой с галечно-песчаными отложениями. Они расположены ниже устья р. Большой Невер; длина таких отрезков составляет 1–2 км, на них потенциально возможны изменения морфологии русла в результате перераспределения стока воды между рукавами и размывом берегов, что может привести к переформированию разветвлений и повлечь за собой изменение положения линии фарватера реки. Вогнутые пойменные берега размываются со скоростью 2–3 м в каждое высокое половодье или паводок. Также необходимо отметить, что наибольшим деформациям здесь могут быть подвержены в основном левые берега, так как правобережье хорошо укреплено инженерными сооружениями. Кроме того, в связи с увеличением объема наносов и его неравномерным поступлением из притоков, на данном участке реки активно развиваются острова. Они неравномерно наращивают свою поверхность, что приводит к искривлению динамической оси потока главного рукава, смещению линии фарватера к левому берегу, формированию сложных и мелких перекатов в русле.

От устья р. Буринда до устья р. Гербелик русло Амура характеризуется типичными для адаптированного пологоизвилистого русла продольными деформациями. Излучины на данном участке преимущественно вынужденные крутые, степень развитости которых составляет от 1,5 до 2,0. Характер русловых деформаций здесь также осложняют одиночные разветвления. В результате при прохождении руслоформирующих расходов, наблюдающихся на данном участке выше уровня выхода воды на пойму, прибрежная часть пойменных массивов может отчленяться от берегов, а излучины в дальнейшем развиваются по типу прорванных [Гусев, 2013].

В среднем течении Амура преобладают полные ПРК, среди которых наибольшую долю занимают ПРК разветвленного и извилистого широкопойменных русел. Этот участок характеризуется высокой степенью динамической устойчивости, которую в основном обуславливают такие факторы как: продолжительная аллювиальная аккумуляция, неустойчивый водный режим с частыми крупными паводками, рыхлые, в основном песчаные руслообразующие отложения и слагающие речные берега суглинистые и супесчаные легкоразмываемые породы [Махинов, Лю Шугуан, 2013].

Наиболее активно изменяющимися системами на данном участке реки являются ПРК разветвленных русел в расширениях долины. Основными перестроениями таких участков являются деформации русел отдельных рукавов и перестроение всего узла разветвления, что проявляется в активизации водной эрозии и аккумуляции в русле, развитии одних и отмиранию других рукавов. Основными определяющими факторами деформаций разветвлений являются перераспределение расходов воды и наносов между рукавами в многоводную фазу режима реки.

Среди ПРК с разветвленным руслом наиболее интенсивные горизонтальные деформации проявляются на участках с пойменно-русловыми разветвлениями. Также активные деформации проявляются в ПРК с разветленно-извилистым руслом. Выделяется несколько высокодинамичных участков, характеризующихся различными условиями формирования, гидрометрическими характеристиками (таблица 5) и тенденциями своего развития. Среди них по морфологии выделяется пять типов:

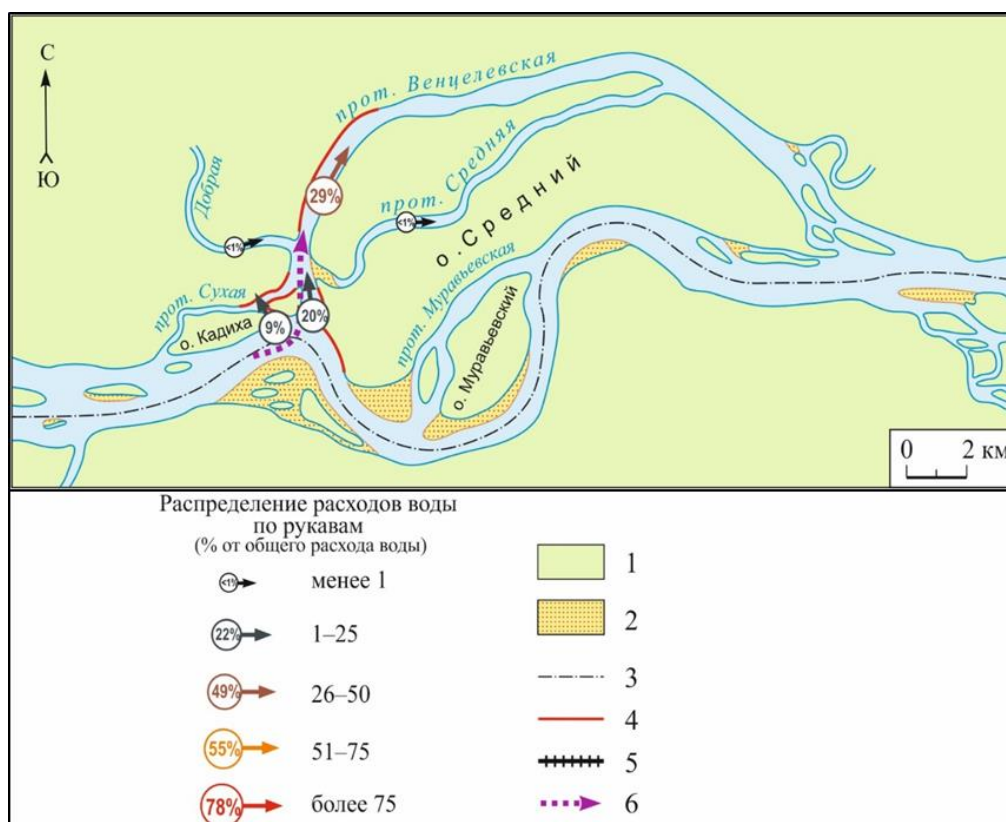
1. пойменно-русловое разветвление;
2. устьевое бесподпорное пойменно-русловое разветвление;
3. устьевое пойменно-русловое разветвление с переменным подпором;
4. сопряженное разветвление;
5. параллельно-рукавное разветвление;
6. одиночное разветвление.

**Таблица 5. Гидрометрические характеристики проток в узлах пойменно-русловых разветвлений на р.Амуре:** Q – расход воды, F – площадь водосбора, B – ширина русла,  $V_{cp.}$  – средняя скорость,  $V_{max}$  – максимальная скорость,  $h_{cp.}$  – средняя глубина,  $h_{max}$  – максимальная глубина

Морфоствор	Дата проведения работ	Q, м <sup>3</sup> /с	F, м <sup>2</sup>	B, м	$V_{cp.}$ , м/с	$V_{max}$ , м/с	$h_{cp.}$ , м	$h_{max}$ , м
<b>Венцелевский узел (305-330 км)</b>								
протока Венцелевская	21.09.2014	1215	1128	432	1,08	1,93	2,61	8,05
правый основной рукав, справа от о. Кадиha		870	1095	399	0,8	1,73	2,75	3,85
левый основной рукав у о. Кадиha		374	618	137	0,61	1,49	4,51	7,28
протока Сухая		40	115	106	0,35	0,9	1,09	2,09
<b>Амуро-Сунгарийский узел (260-285 км по судовому ходу)</b>								
протока Пропаристая	20.09.2014	496	763	324	0,65	1,03	2,36	3,34
река Биджан, устье		98	289	150	0,34	0,78	1,93	2,64
протока Средняя, правый рукав на заходе		4,78	698	366	0,69	1,21	1,91	1,94
протока Средняя, левый рукав на заходе		1637	1539	430	1,06	1,91	3,58	7,07
протока Кукелевская		50	171	101	0,29	0,95	1,69	2,44
поперечная протока между пр.Средней и пр.Кукелевской		492	596	132	0,83	1,66	4,52	6,57
устье пр.Гольдинская		75	406	120	0,18	0,43	3,38	4,94
<b>Амуро-Уссурийский узел (3-58 км по судовому ходу)</b>								
протока Чумная, устье	17.09.2014	835	1301	233	0,64	0,96	5,58	7,63
протока Амурская, устье		1886	3224	647	0,59	1,46	4,98	7,57
главное русло Амура (3 км)		4535	5683	1357	0,8	1,64	4,19	12,57
протока Бешенная, ниже полузапруды		711	988	317	0,72	1,54	3,12	6,07
протока Пемзенская, ниже полузапруды		2467	2857	453	0,86	1,74	6,31	8,57
выход левобережной протоки выше истока пр.Пемзенской		246	1167	301	0,21	0,67	3,88	6,72
протоки между островами выше пр. Пемзенской		1120	1490	352	0,75	1,56	4,23	6,07
протока между песчаной отмелью и нижней стрелкой пр. Пемзенской		660	979	183	0,67	1,53	5,35	7,07

Пойменно-русловые разветвления характеризуются на р.Амуре часто асимметричным строением гидрографической сети, меандрирующим рукавами и большим количеством островов. Примером такого типа разветвлений может послужить Венцелевский узел (рис.66), состоящий из четырех рукавов. Основной рукав характеризуется извилистым руслом, а система левобережных проток – относительно прямолинейным.

В настоящее время в этом разветвлении активно развивается Венцелевская протока, которая по последним данным в межень концентрирует около 30 % общего расхода воды. Остальные протоки либо имеют довольно низкие показатели стока (протоки Добрая и Сухая), либо при заходе в них после последнего паводка произошло интенсивное накопление наносов, перекрыв сток (например, в истоке протоки Средней).



**Рисунок 66. Схема Венцелевского узла (составлено автором):** 1 – пойма; 2 – крупные аллювиальные формы руслового рельефа; 3 – положение государственной границы; 4 – выявленные участки интенсивного размыва берега; 5 – берегозащитные и противопаводковые дамбы; 6 – направление потенциального развития русла

Интенсивные русловые деформации на данном участке в последние 20 лет заключались в размыве оголовка о. Средний и ухвостья о. Кадиха, в связи с чем происходило наращивание противоположного им правого берега основного русла. Скорость размыва составляла 20 м/год. Таким образом, берег в ухвостье о. Кадиха размылся на 400 м, берег о. Среднего – на 500 м. Этот процесс обусловил расширение захода в протоки Средняя и Венцелевская, а также постепенный рост водоносности пр. Венцелевской за счет дополнительного смещающего водный поток в сторону протоки воздействия правобережной отмели в центральной части русла. Таким образом при завершении переформирования данного водного узла приведет к переносу государственной границы и потере о. Средний и о. Муравьевский. Данные тенденции сохраняются и сегодня: происходит наращивание песчаного побочня у правого берега в районе истока проток Венцелевская и Средняя, размыв оголовка о. Средний (до 5–7 м/год), смещение динамической оси потока к правому укрепленному берегу ниже по течению.

Особенно интенсивно процессы эрозии и аккумуляции проявляются во время паводка, что подтверждают отвесные обрывистые берега острова (рис.67). На поверхности поймы оголовка острова после паводка 2013 г. произошло интенсивное накопление песчаных наносов (20 см).



**Рисунок 67. Интенсивный размыв правого берега о-ва Средний ниже захода в Венцелевскую протоку (фото Е.К. Губарёвой, 2014)**

В результате, можно предположить, что в ближайшей перспективе, дальнейшее развитие Венцелевской протоки приведет к переносу в неё фарватера, пересмотру государственной границы, возникновению спорных территорий и утрате островов Средний, Муравьевские и других. Однако, не исключено, что развитие может поменять свое направление на правостороннее при размыве песчаного побочня, расположенного при заходе в правый рукав. В настоящее время уже намечается более выгодное положение динамической оси потока через побочневой проток.

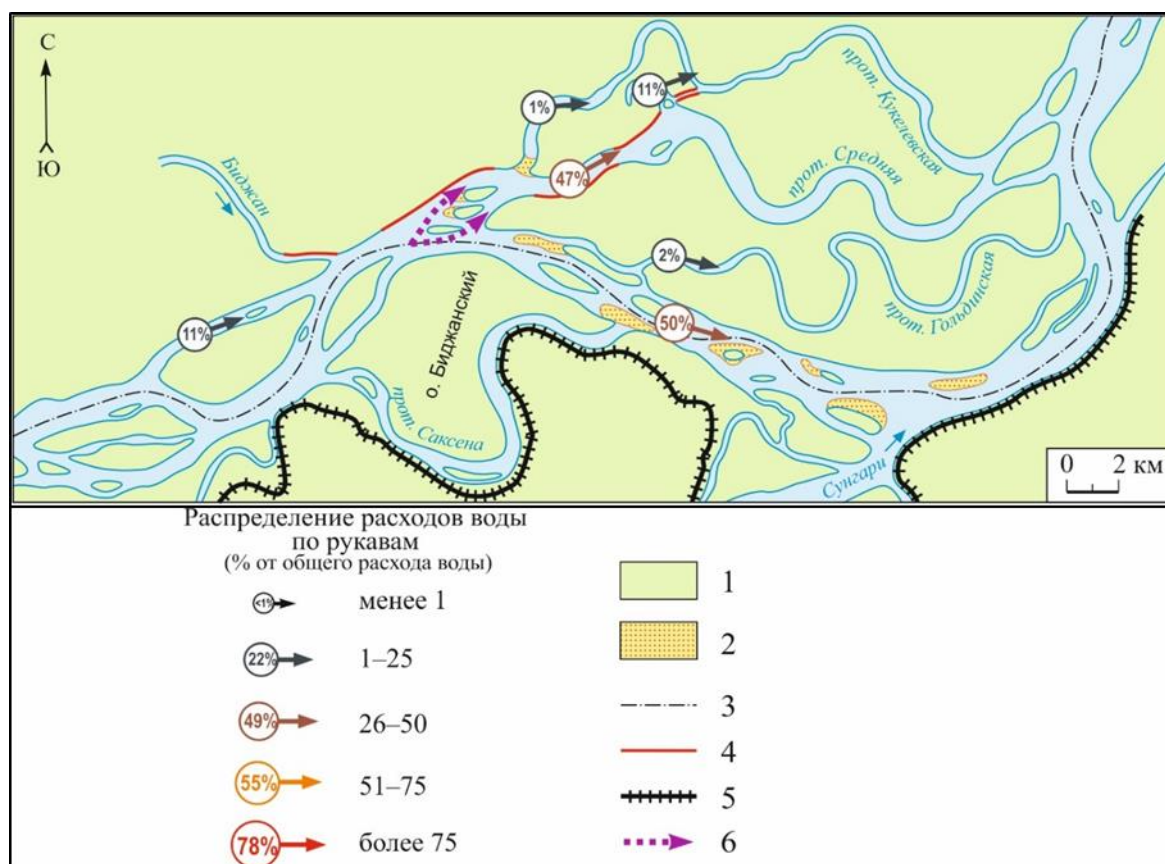
Схожее развитие имеет участок русла Амура в районе пос. Поярково, также представленный ПРК пойменно-руслового разветвления. Здесь наиболее интенсивные русловые деформации проявляются в протоке Чуприха и на берегах островов Полуденный и Сенной. Средняя скорость размыва составляет 2,0–3,0 м/год, максимальная – 4–5,5 м/год. Кроме того, на данном участке отмечается интенсивная аккумуляция речных отложений, образование новых и расширение уже сформированных островов и побочней, а также их смещение вниз по течению.

Примерами устьевого пойменно-руслового разветвления с переменным подпором от правого притока являются Амуро-Сунгарийский и Амуро-Уссурийский водные узлы (рис.68). На участке слияния р.Амура с его правым притоком р.Сунгари, образуется асимметричное разветвление с четырьмя рукавами. Морфологию и развитие данного разветвления осложняет взаимный подпор р.Амура и правого притока р.Сунгари. По основному правому судоходному рукаву проходит государственная граница между Россией и Китаем.

В этом разветвлении происходит перераспределение стока воды и наносов между основным руслом и системой левобережных рукавов – протоки Кукелевская, Средняя и Гольдинская. Длина разветвления равна 25 км, шаг разветвления – 21 км. Максимальная ширина пояса разветвления составляет 13 км. Длина каждой протоки составляет: Кукелевская – 26 км, Средняя – 24 км, Гольдинская – 22 км. Они меандрируют, образуя излучины



преимущественно сегментной стадии развития; на отдельных отрезках их русла образуют одиночные разветвления [Махинов и др., 2016]. Эти протоки разделяют острова и их серии, которые сформированы здесь за счет интенсивной аккумуляции наносов; их поверхность затапливается обычно только в высокие уровни паводков, когда и активизируются эрозионно-аккумулятивные процессы.



**Рисунок 68. Схема Амуро-Сунгарийского узла (составлено автором):** 1 – пойма; 2 – крупные аллювиальные формы руслового рельефа; 3 – положение государственной границы; 4 – выявленные участки интенсивного размыва берега; 5 – берегозащитные и противопаводковые дамбы; 6 – направление потенциального развития русла [Махинов и др., 2016]

При общем расходе р. Амура на участке выше впадения р. Сунгари равном –  $Q_0 = 4500 \text{ м}^3/\text{с}$ , в межень в Среднюю протоку поступает 47 % суммарного стока воды, в пр. Гольдинскую – 2 %, в пр. Кукулевскую 1%. Таким образом, большая часть стока сосредоточена в более коротком рукаве, в связи с чем, его развитие происходит активнее, в отличие от других протоков,



которые пересыхают при низких уровнях. Также развитие получил и поперечный проток, соединяющий Среднюю и Кукелевскую протоки, через который проходит 11% стока воды из протоки Средней. В будущем это гидравлически выгодное положение направления течения будет способствовать концентрации стока в левобережной системе рукавов. Современные исследования показывают, что водность этих рукавов будет расти, что приведет к пересмотру проведения границы между соседними государствами и потере островных территорий [Махинов, Завадский и др., 2016].

В разветвлениях такого типа активные русловые деформации проявляются по всей ширине пояса разветвления ( $B_{np}$ ). В рукавах происходит довольно активное развитие излучин, которые периодически спрямляются при высоких уровнях, берега рукавов подвержены интенсивному размыву, также характерно смещение побочней и осередков. Паводки, в условиях действия переменного взаимного подпора реки и её притока, увеличивают интенсивность имеющихся тенденций аккумулятивных процессов в русле. В результате, снижается пропускная способность главного судоходного русла, что влечет за собой перенос линии судового хода, а в данном случае и государственной границы. Такое положение создаёт геополитическую напряженность в связи с возникновением спорных территорий или их потерями в пользу соседнего государства.

На участке слияния р.Амура и р.Уссури вблизи г.Хабаровска формируется крупное устьевое бесподпорное пойменно-русловое разветвление – Хабаровский водный узел (рис. 69). Длина этого разветвления составляет 55 км, шаг разветвления – 47 км. Максимальная ширина пояса разветвления составляет 11 км. Перераспределение стока воды и наносов проходит здесь по основному руслу и четырем рукавам – протокам Пемзенская (длина – 12 км), Бешеная (7 км), Казакевичева (29 км) и Амурская (37 км), разделяющие осередки и острова, наиболее крупными из которых являются о. Тарабаров (Иньлундао, площадью 43,3 км<sup>2</sup>) и о.Большой Уссурийский (Хэйсяцзыдао, 254 км<sup>2</sup>).



**Рисунок 69. Схема Амуро-Уссурийского узла (Махинов и др., 2016)**

В настоящее время развитие данного разветвления определяет тенденция отмирания правобережных рукавов – проток Казакевичевой и Амурской, и активное развитие левобережных спрямляющих крутую излучину Амура проток Пемзенской и Бешеной. Эта тенденция подтверждается последними измерениями стока и расхода воды на участке. В протоке Пемзенской доля стока увеличилась с 4,7 до 20–22%, а расход увеличился на 30 % по сравнению с 2013 г. (по данным гидрометрических работ в сентябре 2014 г.). Такому развитию послужил процесс смещения обширной отмели в истоках протоки на 50–70 м и её увеличение после прошедшего паводка 2013 года, что привело к сужению русла, увеличению глубин вдоль левого берега отмели и перераспределению стока воды из основного русла. Кроме того, паводок 2013 года привел к смещению каменистого материала дамбы полузапруды расположенной ниже, что также привело к углублению русла протоки и активизации её развития. В дальнейшем это создает опасность разрушения построенной в 2006 г. полузапруды. Несмотря на то, что в протоке Бешеной сильных изменений значений стока и расходов не произошло (по измерениям в сентябре 2014 г. доля стока в протоке составила 6,8 % от

общего стока реки), здесь также существует угроза разрушения полузапруды и перераспределения стока воды из основного русла реки в протоку [Чалов, Чернов, 2000б].

Доля стока в Амурской протоке в период открытого русла при средних и высоких уровнях воды изменяется незначительно и составляет от 18,0 % до 30,0 % от общего стока в реке Амур, возрастая с увеличением абсолютных величин расхода воды в реке. Подобное сезонное распределение стока воды обусловлено тем, что в результате падения уровней воды в протоке Казакевича выше устья р. Уссури сток воды снижается до минимальных значений, а в зимнюю межень в отдельные годы низкой обеспеченности прекращается совсем. В эти периоды водность Амурской протоки определяется стоком р. Уссури.

Кроме ПРК пойменно-русловых разветвлений горизонтальные деформации интенсивно развиваются в ПРК параллельно-рукавных разветвлений. Одним из наиболее динамичных разветвлений такого типа является Амуро-Бирский узел (рис. 85), где русло Амура разделяется цепочкой крупных и более мелких остров (о. Попов, о. Мосалев, о. На Створах, о. Винный, о. Большой Баркасный, о. Цингоу, о. Сахалин и др.) на два субпараллельно расположенных рукава. Это разветвление является сложным и удлиненным по своей гидролого-морфологической структуре, что обуславливает образование вторичных разветвлений, образующих сопряженные системы из множества протоков (протоки Мосалевская, Циндэлинская, Головинская, Сухая, Сукина, Сахалинская), по которым происходит перераспределение стока. Длина этого разветвления составляет 55 км, шаг узлов разветвления – 40 км. Максимальная ширина пояса разветвления составляет 7,6 км. Кроме того, перераспределение стока воды в рукавах осложняет и левобережный приток р. Бира, уступающая по водности р.Амуру, но значительно увеличивающей сток его отдельных рукавов.



**Рисунок 70. Схема Амуро-Бирского узла:** 1 – пойма; 2 – крупные аллювиальные формы руслового рельефа; 3 – положение государственной границы; 4 – выявленные участки интенсивного размыва берега; 5 – берегозащитные и противопаводковые дамбы; 6 – направление потенциального развития русла

Интенсивные горизонтальные деформации, происходившие в этом разветвлении во второй половине XX века, стали причиной значительного перераспределения стока воды между левобережной и правобережной системой рукавов. В результате произошло постепенное отмирание и занесение наносами некоторых левобережных и правобережных протоков, что привело к изменению положения фарватера и государственной границы с потерей островов Мосалев, Кит, Винный и другие.

В этом разветвлении интенсивное развитие получили протоки: Мосальская, Циндэлинская, Сукина и нижняя часть пр. Сухой, также в последнее время активно развивается Сахалинская протока. По данным 2014 года она концентрирует 36% суммарного стока р. Амура. Одновременно с этим снизился сток через Головинскую протоку. Это подтверждают данные по общим расходам: в июле 2014 г. в данной протоке проходило 4% общего расхода воды (по данным измерений ЗАО «Ленгипроречтранс» 28.07.2014 г), то проведенные в сентябре 2014 г. измерения показали, что этот показатель снизился и составляет менее 2 % (таблица 6). Полностью сток прекратился через протоку Сазанью и протоку, проходящую между о. Мосалев и

о.Кит. Кроме того, снизилась водность протоки между о.Цингоу и о.Винный.

**Таблица 6. Гидрологические характеристики проток в Амуро-Бирском узле (145-182 км):** Q – расход воды, F – площадь водосбора, B – ширина русла,  $V_{cp.}$  – средняя скорость,  $V_{max}$  – максимальная скорость,  $h_{cp.}$  – средняя глубина,  $h_{max}$  – максимальная глубина

Морфоствор	Дата проведения работ	Q, м <sup>3</sup> /с	F, м <sup>2</sup>	B, м	$V_{cp.}$ , м/с	$V_{max}$ , м/с	$h_{cp.}$ , м	$h_{max}$ , м
протока Сахалинская	19.09.2014	2712	3013	536	0,9	1,81	5,62	8,07
устье протоки Головинской		112	567	261	0,2	0,78	2,17	3,07

Многолетние деформации, состоящие в размыве берегов и аккумуляции наносов, произошли по всей длине рассматриваемого участка. Так размыву были подвержены берега оголовка острова Сухой, левый берег о. Кит, о. Мосалев, о. Винный, в устье о. На Створах, правый берег о. Цингоу, левый берег и оголовок о. Сахалин, и противоположный ему берег и др. Скорости размыва берегов основного русла и островов на участке даны в таблице 7.

**Таблица 7. Темпы горизонтальных русловых деформаций на участке Амуро-Бирского разветвления**

Характеристика	Размывы берегов основного русла, м/год	Смещение осередков, побочней, м/год	Размывы островов, м/год
Максимальная	10,0-12,0	15,0-20,0	12-15
Средняя	5,0-7,0	5,0-7,0	5,0-7,0

Очень интенсивно стали проявляться аккумулятивные процессы, заключающиеся в обмелении прирусловых отмелей, формировании осередков и побочней, расширении островов и сужении русла некоторых проток. Наиболее подвержены процессам аккумуляции участки русла в узле слияния р.Амура и р. Биры, ниже устья р.Биры, у левого берега о.Сазаний, при заходе в пр. Головинскую слева от островов Малый и Большой Баркасные, в главном русле Амура в устье о. Винный и в самой протоке между о.Цингоу и о.Винный.



Переформирование Амуро-Бирского узла в настоящее время находится на завершающем этапе, на котором вероятно произойдет перенос основного стока воды в Сахалинскую протоку, что в свою очередь также может повлечь за собой потерю о.Сахалин (р.Амур).

Ещё одним примером активно развивающегося сложного параллельно-рукавного разветвления служит Луговской участок русла Амура, разделяющегося на два основных рукава – Старый Амур и протоками Еврасиха и Луговая, которые являются двумя частями одного рукава (рис.71). Русло здесь разделено тремя крупными островами – о. Гольдинский, о. Еврасиха, о. Луговской и несколькими островами меньшего размера. Длина разветвления составляет 45 км, шаг разветвления – 30 км. Максимальная ширина пояса разветвления составляет 11 км.



**Рисунок 71. Схема Луговского узла:** 1 – пойма; 2 – крупные аллювиальные формы руслового рельефа; 3 – положение государственной границы; 4 – выявленные участки интенсивного размыва берега; 5 – берегозащитные и противопаводковые дамбы; 6 – направление потенциального развития русла

Также, как и в Амуро-Бирском узле, в этом разветвлении во второй половине XX века произошло переформирование русла и перераспределение стока между левобережной и правобережной системой рукавов. Так в



результате снижения стока воды и активной аккумуляции наносов в протоке Старый Амур и других второстепенных правобережных рукавах, произошло развитие левобережной системы, в которой увеличились сток и интенсивность размыва берегов. Максимальные скорости размыва берегов в этом узле отмечаются в протоке Луговой (таблица 8), в результате чего ширина протоки увеличилась с 250 до 900 м.

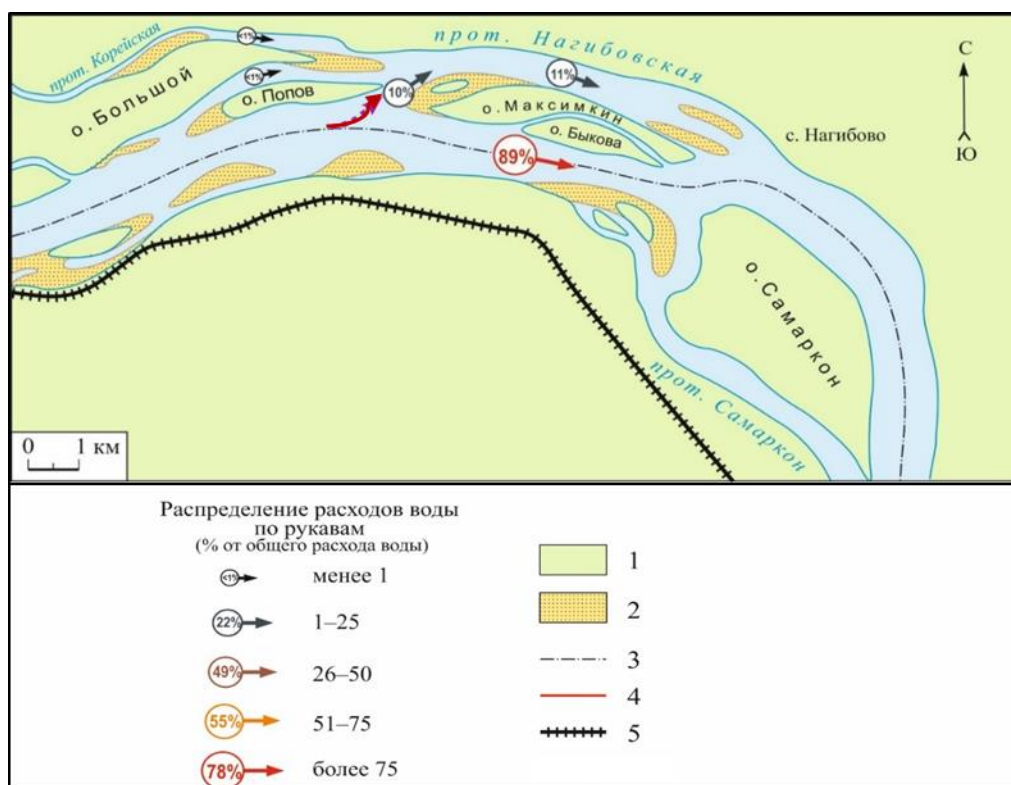
**Таблица 8. Характерные темпы горизонтальных русловых деформаций на участке параллельно-рукавного русла Амура в районе островов Луговских**

Характеристика	Размывы берегов основного русла, м/год	Смещение осередков, побочней, м/год	Размывы островов, м/год
Максимальная	5,0-8,5	17,0-20,0	20,0-23,0
Средняя	3,0-5,0	5,0-7,0	5,0-9,0

Общее сокращение стока воды в правобережной системе рукавов и интенсивная аккумуляция наносов обусловила формирование новых русловых форм: побочней, осередков. В дальнейшем можно ожидать продолжения развития левобережной системы рукавов.

В среднем течении Амура встречаются ПРК сопряженных разветвлений. Примером сложного сопряженного разветвления может послужить Нагибовский узел (рис.72), представляющий цепочку островов, возле которых рукава образуют «сдвинутые восьмёрки», а через межостровные протоки происходит перераспределение стока между рукавами.

Раньше здесь активно развивалась Нагибовская протока, что могло привести к переносу линии фарватера и границы с потерей островов Максимкин и Быкова. Однако, в настоящее время выше оголовка о. Максимкин в протоке стала происходить активная аккумуляция наносов. В результате, произошло смещение побочня к входу в протоку и перекрыло его, что приостановило её развитие. Это подтверждает сравнение данных измерений расходов воды р. Амура: в июле 2014 г. на Нагибовскую протоку приходилось 23 % расхода, в сентябре 2014 г. этот показатель снизился и составил лишь 11 %.



**Рисунок 72. Схема Нагибовского узла (составлено автором):** 1 – пойма; 2 – крупные аллювиальные формы руслового рельефа; 3 – положение государственной границы; 4 – выявленные участки интенсивного размыва берега; 5 – берегозащитные и противопаводковые дамбы; 6 – направление потенциального развития русла

В будущем возможное развитие Нагибовской протоки будет поддерживаться состоянием на вышележащем узле, но не исключено, что это положение во время паводков принимает основной сток наносов, перекрывая по нему сток при снижении уровней, т.о. забивая всю протоку. В данной ситуации наносоотсасывающая роль протоки будет сохраняться и серьезных переформирований в узле в ближайшие десятилетия не ожидается.

Меньшее распространение в среднем течении Амура имеют ПРК односторонних и одиночных русловых разветвлений. Такие ПРК образуются отдельными островами или их группами, расположенными часто в припойменной части русла, где скорость течения снижается, что благоприятствует аккумулятивным процессам. Для них характерны менее интенсивные переформирования, проявляющиеся в перераспределении стока между основными рукавами русла, связанного с движением побочной перекатов. В связи

с этим один рукав начинает интенсивно развиваться, а другой мелеет. Примером такого типа ПРК может служить участок русла Амурзетский.

Среди ПРК разветвленно-извилистого русла, имеющие достаточно большое распространение в среднем течение Амура, выделяются участки простого меандрирующего русла и участки, образованные прорванными излучинами. Участки меандрирующего русла часто представляют собой серию смежных излучин, например, возле пос. Иннокентьевка. Русловые деформации здесь проявляются в размыве вогнутого берега и наращиванию выпуклого берега за счет аккумуляции наносов. Средние скорости русловых деформаций на участке в районе пос. Иннокентьевка даны в таблице 9.

Пойма на участке разветвленно-извилистого русла широкая до 8 км, на её поверхности хорошо прослеживаются следы древнего положения русла в виде отдельных староречий и гривистого рельефа.

**Таблица 9. Характерные темпы горизонтальных русловых деформаций на участке меандрирующего русла Амур в районе с. Иннокентьевка**

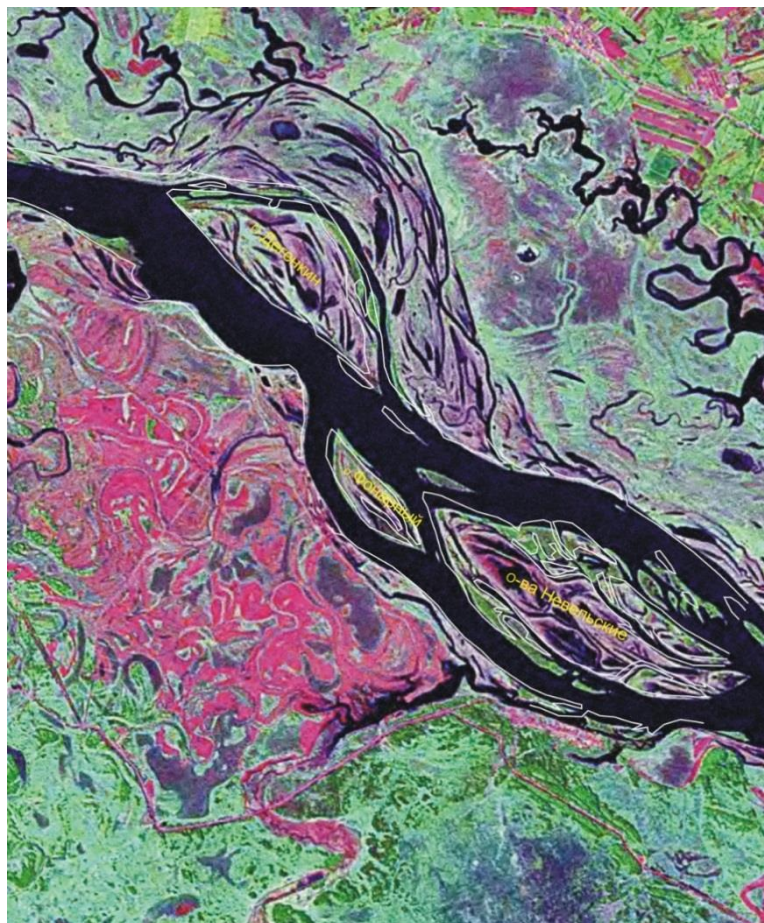
Характеристика	Размывы берегов основного русла, м/год	Смещение осередков, побочней, м/год	Размывы островов, м/год
Максимальная	2,5–3,5	15–20	10,0–15,0
Средняя	1,3–2,5	5,0–7,0	5,0–7,0

Примером ПРК разветвленно-извилистого русла, образованные в результате эволюции прорванной излучины может послужить участок в районе пос. Константиновка. По мере увеличения крутизны излучины за счет увеличения поперечного смещения, поток, сосредоточенный в русле, постепенно терял гидравлическую выгодность криволинейного движения. В результате при прохождении очередного расхода воды редкой обеспеченности в пределах затапливаемого пойменного массива (шпоры) и начала формироваться спрямляющая протока. Затем за счет размыва ее берегов и дна протоки, она начала развиваться и к настоящему времени по ней проходит основной сток воды, а бывший главный левобережный рукав постепенно начал заноситься и превращаться во второстепенный рукав, в который происходит сток наносов. Многолетние русловые деформации в таких ПРК проявляются в интенсивном размыве вогнутого берега основного рукава и

островов, а также в наращивании выпуклого противоположного берега. Аккумуляция наносов приводит к увеличению побочня, расположенного у выпуклого берега, и осередков, что способствует их продвижению вниз по течению. Скорости размыва берегов основного рукава русла в таких ПРК на Амуре в среднем составляют 4,0–4,5 м/год, размыва берегов островов – 8,0–10,0 м/год, смещения осередков и побочней – 12,0–15,0 м/год. В дальнейшем можно предположить, что в таких ПРК в ближайшие десятки лет будет сохраняться направленная аккумуляция в левобережном рукаве, что приведет к присоединению о. Константиновского к левому берегу, последующее развитие будет определять процесс формирования прорванных излучин.

На пограничном участке р.Уссури в пределах равнины в свободных условиях развития русловых деформаций наиболее динамично развиваются ПРК относительно прямолинейного русла с одиночными разветвлениями, ПРК с крупными одиночными и разбросанными разветвлениями и ПРК разветвленно-извилистого русла.

ПРК с одиночными разветвлениями можно разделить на стабильные и нестабильные участки. Примерами стабильных одиночных разветвлений могут служить участки русла р.Уссури в районе островов: Невельские, Киселевский, Кузнецовский и Черемушкин, Виноградовский, Файнгов, Максун. В подобных ПРК русло реки разделяется на два рукава большим островным массивом (рис.73), состоящим из серии островов, поверхность которых часто расчленяется сетью мелких пойменных протоков, в большинстве случаев, пересыхающих в меженный период. Длина разветвлений данного типа составляет от 5 до 10 км.



**Рисунок 73. Схема одиночного разветвления в районе пос. Невельского**

В таких разветвлениях один рукав на протяжении последних десятилетий является второстепенным и выполняет наносоотсасывающую функцию, второй – более полноводный и через него проходит основной сток воды. Русловые деформации в второстепенном рукаве заключаются в направленной аккумуляции наносов, в главном рукаве – в размыве берегов (рис.90). Средняя скорость размыва составляет 2–4 м/год.

Вышеперечисленные разветвления формируются преимущественно в пойменных берегах. Один из берегов размываемый, обрывистый, с хорошо выраженной пойменной бровкой, второй – пологий, низкий, стабильный, заросший по урезу воды кустарником. Более высокий и обрывистый берег размывается только при прохождении высоких паводков редкой повторяемости. В низкие и средние паводки положение берега относительно стабильное.



Также стабильным одиночным разветвлением является участок реки возле о. Утиный (рис.74), где ПРК формируется во врезанном русле. В пределах данного участка русло следует вдоль правого коренного борта долины, где и сосредоточен основной расход воды; левый берег – пойменный. Русловые деформации за последние десятилетия практически не проявлялись, отмечалось только уменьшение ширины левого рукава и увеличение размера безымянного острова за счет аккумуляции наносов в левобережной части русла ниже хвостья острова Утиный. В результате устойчивого положения высокого коренного берега, сложенного трудноразмываемыми породами, поток и береговая линия на участке стабильны.



**Рисунок 74. Схема одиночного разветвления на участке о.Утиный**

Относительно стабильные одиночные разветвления представлены на участке в районе островов Шереметьевский и Зарубинский. В прошлом эти разветвления были сопряженными. В настоящее время в этих узлах острова делят русло на два рукава, в пределах которых происходит перераспределение расходов воды. Один из рукавов имеет большую ширину и в нём происходит активная аккумуляция наносов. Развитие одиночного относительно стабильного разветвления, образованного Шереметьевским островом (рис.75), определяется воздействием выступа правого коренного берега, что способствует расположению динамической оси потока в левом рукаве.





**Рисунок 75. Схема участка одиночного относительно стабильного разветвления на участке о-ва Шереметьевский**

Многолетние переформирования русла проявлялись в основном в изменении берегов острова, развитии левого рукава, аккумуляции наносов в правом и его расширении. В настоящее время значительных переформирований здесь не ожидается. На схожем участке с островами Зарубинский, Верхними и другими (рис. 76), русло развивается более активно. Некоторую нестабильность русла и сложность руслового режима на данном участке обуславливает подпор потока в период половодья от выступа правого коренного берега ниже разветвления и противопаводковые дамбы, расположенные на китайской территории. В результате, в период прохождения половодья и крупных паводков этот подпор способствует интенсивной аккумуляции наносов, образуя новые русловые формы. Однако, на спаде уровней они размываются, а поток воды разрабатывает новое, гидравлически оптимальное положение.

Такие одиночные русловые разветвления как на участке островов Венюковский, Пограничный и Перебойный характеризуются нестабильный

положение динамической оси потока и деконцентрацией потока. Основной причиной нестабильности на данных участках является расположенное выше разветвлений расширение русла с обширным перекатом, где поток рассредоточивается. Русловые деформации проявляются здесь в размыве берегов островов и направленной аккумуляции в их ухвостьях и на заходе в один из рукавов, уменьшая ширину прохода в него.



**Рисунок 76. Схема одиночного относительно стабильного разветвления на участке Зарубинских островов**

На пограничном участке р.Уссури распространены также ПРК разветвленно-извилистого русла. Примерами могут послужить участки, где расположены острова Сахалинский и Средний, Кутузов и другие. Они характеризуются относительно стабильным положением динамической оси потока и незначительным перераспределением стока между рукавами. В основном левом рукаве один берег обрывистый, размываемый, а другой укреплен растительностью на всем своем протяжении, поэтому следов его размыва нет. Русловые деформации, проявляющиеся в таких типах ПРК в размыве и аккумуляции наносов, а также развитии вторичных разветвлений

в нижней части основного рукава способствуют снижению транспортирующей способности потока по его длине. Однако интенсивность русловых преформирований незначительная – в среднем размыв берегов составляет не более 0,2–0,3 м/год. В подобных типах ПРК в перспективе возможно развитие правобережной системы рукавов, но для развития этого сценария необходимо сохранение современных темпов и направленности русловых процессов.

## ГЛАВА 4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОГРАНИЧНЫХ РЕК БАССЕЙНА АМУРА

Оценка геоэкологического состояния ПРК рек в первую очередь определяется действующими в настоящий момент и потенциальными источниками опасностей как природного, так и антропогенно обусловленного происхождения. Согласно классификации экообразующих факторов для речных русел и пойм А.В. Чернова [2009а] и степени воздействия на ПРК в бассейне Амура, можно выделить ряд наиболее значимых природных и антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей (табл. 10), оказывающих влияние на развитие и функционирование ПРК.

**Таблица 10. Геоэкологические опасности ПРК в бассейне Амура**

Генезис опасности	Вид опасности	Уровень опасности
Природные	1. Последствия в ПРК в результате прохождения катастрофических паводков и половодий;	опасный
	2. Русловые деформации: размыв или намыв берегов рек, спрямление излучин или смещение русла, переформирование разветвлений, переформирования аккумулятивных форм руслового рельефа, катастрофически быстрая аккумуляция наносов, быстрое врезание рек.	от опасного до умеренно-опасного
	3. Рельефообразующие процессы в речных долинах: склоновые (оползни, обвалы, осыпи и др.), эоловые, наледные, болотные, биологические.	от малоопасного до умеренно-опасного
Антропогенно обусловленные	1. Опасности, приводящие к изменению факторов русловых и пойменных процессов, гидротехническое строительство, искусственное обвалование русла, промышленный, коммунальный и ирригационный водозабор и сброс, мелиоративные и лесотехнические мероприятия в бассейне реки;	опасный
	2. Опасности, приводящие к изменению морфологии русла и поймы, их деформации: строительство гидротехнических и мелиоративных сооружений, дноуглубительные и выправительные работы, спрямление излу-	умеренно-опасный

	чин, разработка карьеров и добыча полезных ископаемых в русле, искусственное обвалование русла, распашка поймы;	
	3. Опасности, приводящие к локальным изменениям русла в местах их влияния: мостовые и подводные переходы, водозаборные сооружения, инженерные береговые объекты, неправильно спланированные мероприятия по берегоукреплению и др.;	малоопасный
	4. Опасности, приводящие к нарушению функционирования пойменных ландшафтов: гидротехническое строительство на пойме, неконтролируемая хозяйственная деятельность;	малоопасный

На основании анализа материалов экспедиционных исследований 1997–2007 годов и натурных исследований при участии автора в 2014 году была проведена оценка геоэкологических опасностей на пограничных реках бассейна Амура. В связи с тем, что природные и антропогенно обусловленные процессы, происходящие в ПРК представляют собой чрезвычайно сложную систему, выделить единые критерии для оценки каждого вида геоэкологической опасности на всем протяжении исследуемого пограничного участка амурского бассейна трудно. Для того, чтобы провести обобщающую оценку опасностей было проведено разделение опасностей по их происхождению, что позволило более точно оценить уровень их негативного воздействия и в дальнейшем определять способы по его уменьшению.

#### **4.1. Природные геоэкологические опасности**

##### **4.1.1. Влияние катастрофических паводков и наводнений на ПРК**

Природными опасностями, вызывающими высокий уровень негативного воздействия на население и хозяйственную инфраструктуру, являются катастрофические паводки и половодья, которые часто приводят к наводнениям. На территории России наводнения являются одними из наиболее разрушительных стихийных природных явлений, и пока уровень социальных и экономических потерь от них остается высоким. Наибольшие ущербы в бассейне Амура катастрофические паводки приносят сельскому хозяйству,

меньшее негативное воздействие они оказывают на промышленное и коммунальное хозяйство. При этом необходимо отметить, что на экологическое состояние экосистемы реки паводки и половодья любой категории не оказывают негативного влияния; наоборот они способствуют самоочищению системы за счет промывного режима, приводят к росту воспроизводства рыбы, а также к формированию плодородного слоя почвы на пойме.

В разных частях речного бассейна и в разные по водности годы паводки различаются по категории и степени геоэкологической опасности в зависимости от уровня подъема воды, ширины разлива, площади затопления речной долины, длительности затопления, повторяемости катастрофических паводков и половодий, а также от величины ущерба, причинённого хозяйственной инфраструктуре.

По степени опасности, можно выделить следующие категории паводков и половодий [Мягков, 1995]:

1. небольшие, с относительно невысоким уровнем опасности для населения и инфраструктуры, когда затопливается лишь низкая плохо освоенная пойма;
2. средние, с средним уровнем опасности, когда затоплению подвержена высокая частично заселенная и освоенная пойма;
3. сильные, с относительно высоким уровнем опасности, когда затопливаются некоторые части городов и крупных населенных пунктов и требуется эвакуация населения с данных участков, а также высоким уровнем разрушения хозяйственных объектов на затопленной территории, восстановление которых после прохождения катастрофического паводка требует больших затрат;
4. катастрофические, с максимальным уровнем опасности, когда затоплению подвергаются значительная часть заселенной и освоенной территории, требуются аварийно-спасательные работы, а также массовая эвакуация.



В соответствие с данной классификацией, в различных частях бассейна Амура были определены уровни паводков, соотносящиеся с данными выше типами. Так, на Верхнем Амуре паводки чаще бывают небольшими и средними: уровень подъема воды составляет от 6 до 7,5 м, при катастрофических наводнениях уровень подъема воды составляет более 8 м. На Среднем Амуре для небольших и средних паводков характерны уровни подъема воды от 3,5 до 5,5 м, для сильных – от 5,5 до 6 м, а для катастрофических – выше 6 м. Более низкие показатели катастрофических паводков в среднем течении объясняются более низким уровнем высоты поймы и более высоким уровнем её освоенности по сравнению с другими участками бассейна. На реке Уссури уровень подъема воды во время небольших и средних паводков составляет от 2 до 4 м, при сильных – от 4 до 6 м, при катастрофических – более 6 м. Подъем уровня воды в реке изменяется в зависимости от морфологического строения участка бассейна.

Наибольшее количество паводков на реках бассейна Амура отмечается в теплое время года, когда отмечается от 3 до 5 пиков паводков, которые отделяются друг от друга коротким периодом снижения уровня воды (рис. 77).

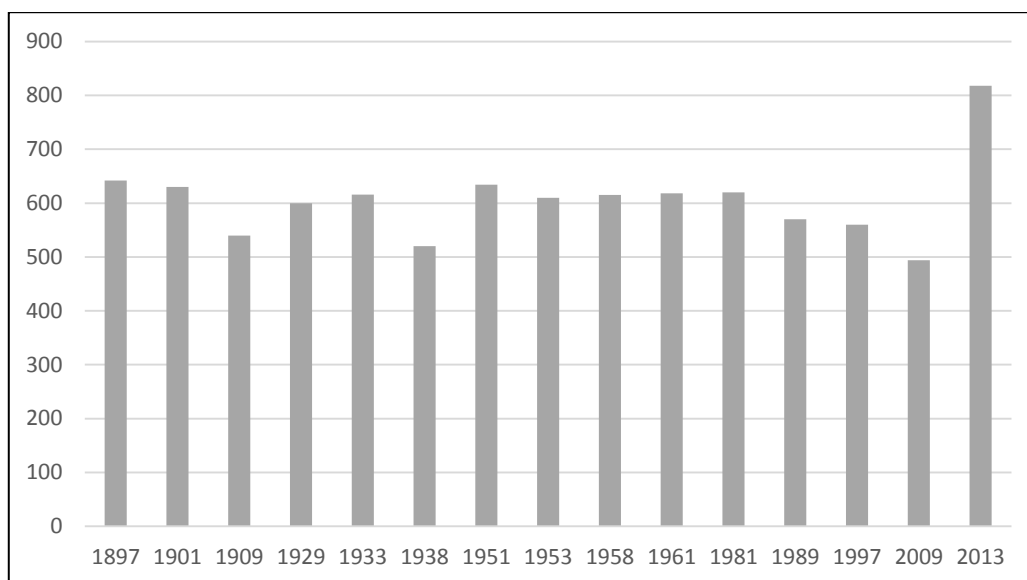
Зимой опасность наводнений связана с заторами льда на реках. Особенно сильно они проявляются в верхнем течении, где подъем уровня воды может достигать в это время 8–9 м. Такая ситуация на прибрежных территориях создает ряд опасностей: могут быть подтоплены производственные и жилые строения, также могут быть повреждены или разрушены льдом транспортные сети и другие объекты инфраструктуры, расположенные на низкой пойме.

На реках бассейна Амура паводки, при которых подъем уровней воды по длине реки проходит поочередно друг за другом, не приводят обычно к затоплению большой площади пойменных территорий. Однако, если па-

водки проходят одновременно на нескольких крупных притоках, то это приводит к затоплению и обширной поймы, и прилегающих к ней участков равнины [Ким, 1999б; Махинов и др., 2014].

Катастрофические подъемы воды, вызванные половодьем или паводками, наблюдаются с мая по сентябрь на всем протяжении реки Амур и его крупных притоков, но наибольший как правило отмечается в конце июля–сентябре [Иванюго, 2017]. Также стоит отметить, что в связи с разницей ширины речной долины Амура на протяжении всего исследуемого участка, высокий уровень воды в среднем течении устанавливается на более долгий срок (до сентября), чем в верхнем течении (до конца августа). В верхнем течении долина узкая и значительный объем воды проходит данный участок с большой скоростью, а в среднем течении долина расширяется, и вода при выходе из узкого участка растекается по всей пойме, заливая обширные пространства. Кроме того, в среднем течении Амура принимает полноводные притоки р. Зею и р. Бурею, что обуславливает дополнительный объем воды, при этом подъем воды на самих притоках может проходить раньше или позже, чем на р. Амуре, что в свою очередь также объясняет разницу в сроках подъема воды [Махинов и др., 2014].

Повторяемость катастрофических паводков (или наводнений) на р. Амуре определяется как один раз в 10–15 лет [Махинов и др., 2014]. За 120 лет инструментальных гидрологических наблюдений у г. Хабаровск периоды повышенной водности отмечались в 1897–1911 гг. (максимальный уровень воды 642 см), 1927–1938 гг. (616 см), 1951–1961 гг. (634 см), 1981–1997 (620 см), 2009–2015 (808 см) (рис. 95). Катастрофические паводки за это время отмечались в 1897, 1901, 1933 и с 1951 по 1981 годы. Однако исследователи строгой закономерности продолжительности многоводных периодов не отмечают.

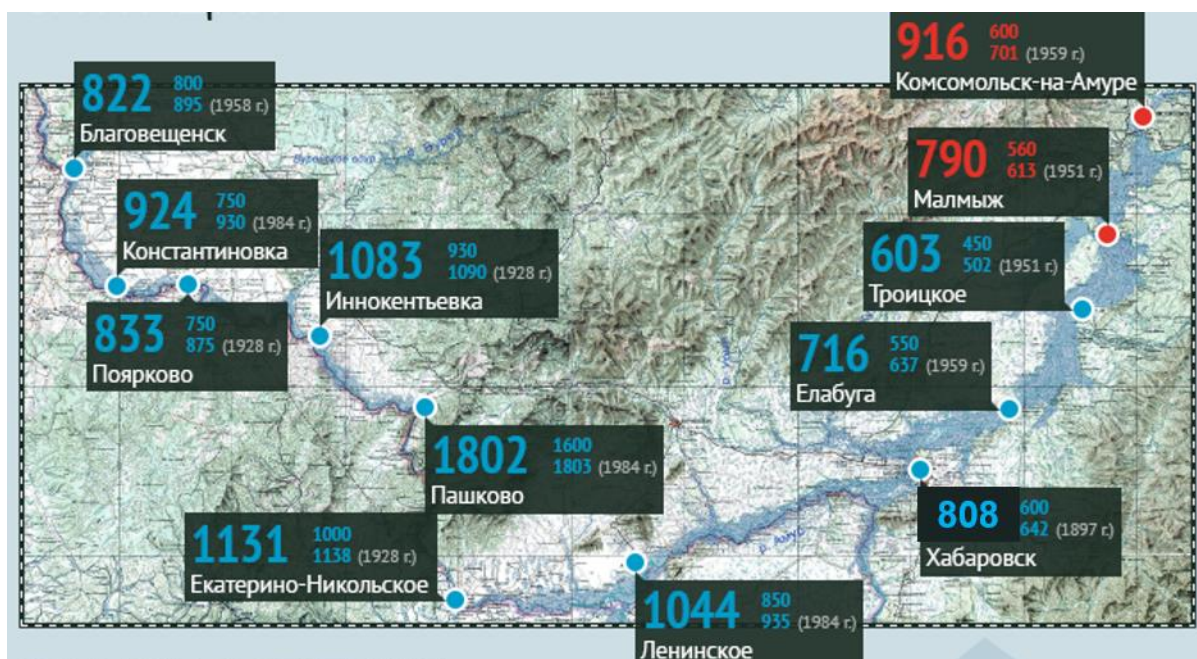


**Рисунок 77. Максимальные уровни воды в р. Амуре (г. Хабаровск)  
(составлено автором)**

В результате анализа данных за последние пятнадцать лет, можно отметить, что наиболее высокие летние паводки, приводившие к сильному затоплению прибрежной территории, отмечены в 2013 гг. Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время р. Амур вступил в многоводную фазу. В этот год уровень воды по гидрологическому посту г. Хабаровска составил 494 см. При таком уровне на участке реки в пределах Среднеамурской низменности была затоплена пойма и подтоплены объекты хозяйственной инфраструктуры, расположенные в низинах. Прогнозируется, что период высокой водности продлится до 2020–2025 гг. [Махинов и др., 2014].

Крупнейший за всю историю гидрологических наблюдений катастрофический паводок на р. Амуре произошел в августе–сентябре 2013 года. Уровень воды на разных участках в зависимости от геоморфологического строения долины достиг от 6 до 18 м. Самые большие уровни подъема воды в среднем течении Амура были зафиксированы в пос. Иннокентьевка (10,8 м), пос. Екатерино-Никольское (11,3 м), пос. Пашково (18,0 м), пос. Ленинское (10,4 м), а также в крупных городах – Благовещенске (8,2 м) и Хабаровске (8,0 м) (рис.78). Скорость течения реки при этом составила 4 м/с

при максимальном расходе воды 46 100 м<sup>3</sup>/с, повторяемость которого оценивают как один раз в 200–250 лет. Объем стока при этом составил 430 км<sup>3</sup> по г.Хабаровску, что также является рекордной величиной.



**Рисунок 78.** Максимальные уровни подъема воды во время паводка 2013 г. в среднем течении бассейна Амура (карта Минприроды по данным Гидрометцентра РФ)

Таким образом, последний катастрофический паводок 2013 г. дал показатели критических уровней, при которых возможен максимальный ущерб для инфраструктуры. Были затоплены прибрежные территории 366 населенных пунктов и крупных городов, где в прибрежных районах располагались важные промышленные и транспортные объекты; среди них: г. Благовещенск, г. Хабаровск, несколько десятков поселков Амурской области, Хабаровского края, Еврейской АО, Приморского края (пос. Константиновка, пос. Поярково, пос. Иннокентьевка, пос. Пашково, пос. Екатерино-Никольское, пос. Ленинское), р-н Лесозаводска и другие. Специалистами было подсчитано, что на территории России суммарный экономический ущерб от наводнения составил более 40 млрд. рублей, из них большая часть была потрачена на борьбу с наводнением и его последствиями – строительство дамб, защитных укреплений, насыпей, эвакуацию людей, страховые выплаты и другие мероприятия.

Для Китая последствия наводнения были более тяжелыми, затопило территории крупных населенных пунктов Китая в провинции Хэйлунцзян – г. Харбин, г. Тунцзян, г. Фуюань, г. Ичунь, г. Хэйхэ, г. Жаохэ, погибло более 200 человек, общий экономический ущерб был оценен в 15 млрд.\$ [Данилов-Данильян, 2014; АРФМ, 2013]. Дополнительным фактором, увеличившим уровень опасности в Китае, явились прорывы дамб в уездах Цзяинь, Луобей и Тунцзян, в результате чего были затоплены более сотни населенных пунктов, сельскохозяйственных и промышленных земель. Кроме того, были зафиксированы случаи крушения поездов, перекрытия крупных дорог, прекращения работы приграничных портов (рис.79).



**Рисунок 79. Порт Фуюань в августе 2013 г. (фото <https://solex-un.ru>)**

Наводнение подобного масштаба возникло в результате одновременного проявления ряда природных и антропогенных факторов [Махинов и др., 2014]:

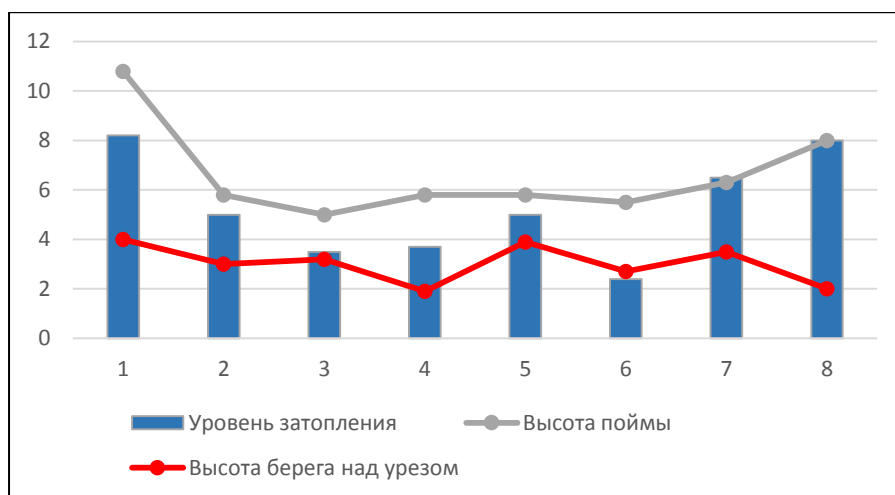
- обильные атмосферные осадки, вызванные особым характером атмосферной циркуляции в этом году;
- паводки проходили одновременно во всех основных стокоформирующих областях бассейна реки: Верхний Амур (около 20%), Зейско-Буреинский бассейн (30 %), Сунгари (24 %), Уссури (29 %) [Болгов и др., 2016];

- способствовали большие запасы воды в бассейне реки: высокая зимняя межень, дружная весна, совпавшая с выпадением осадков на территории бассейна, привели к высоким уровням весеннего половодья и летней межени;
- строительство берегозащитных сооружений, полейдеров, мостов, наличие которых снизило пропускную способность в русле рек.

В этот же период в русле активизировались эрозионно-аккумулятивные процессы: усилился размыв берегов, образовались длинные косы, произошло смещение ранее существовавших кос, некоторые протоки были перекрыты аккумулятивными наносами, уменьшилась их пропускная способность.

Анализ данных по этому катастрофическому паводку, проведенный автором, позволил определить участки с минимальным и максимальным уровнем геоэкологической опасности, вызванный этим паводком. Наибольшим уровнем опасности характеризуются участки ПРК с широкой низкой поймой, расположенные в пределах Амура-Зейской, Среднеамурской, Нижне-Уссурийской и Приханкайской низменностей. Ширина поймы в пределах этих равнин колеблется от 5 до 20 км: наиболее широкая пойма у р.Амура в пределах Среднеамурской низменности, где она составляет в среднем 10–15 км, встречаются отдельные участки поймы шириной до 20 км. Средняя высота поверхности поймы здесь составляет от 3 до 5 м, высота берегов над урезом от 2–3 м. При этом прирусловые участки поймы в среднем течении Амура были залиты водой в среднем от 3 до 6 метров над урезом, при этом средняя высота берега составила от 2 до 4 м (рис.80).





**Рисунок 80. Характеристика затопления берегов р.Амура на участке от хр. Малого Хингана до г.Хабаровска (составлено автором):** 1. пос. Помпеевка (Хинганское ущелье, 498 м от г.Хабаровска), 2. о-в Максимкин (372 км), 3. исток протоки Венцелевской (327 км) 4. исток протоки Средней (285 км), 5. устье протоки Гольдинской (260 км), 6. о. Сахалин (157 км), 7. о. Большой Уссурийский (20 км), 8. г.Хабаровск

В результате проведенных автором измерений было установлено, что на Среднеамурской низменности ширина затопления поймы составила во время паводка 2013 года 15–20 км, а уровни подъема воды – более 6 м. Максимальный уровень подъема воды участке реки в пределах равнины достиг 8 м (см.рис.100).

Пойма обладает важной функцией регулирования стока воды во время паводков, она увеличивает интенсивность снижения максимальных расходов по длине русла, а также уменьшает скорость распространения гребня паводочной волны. При затоплении обширных пространств поймы часть стока реки в период подъема затрачивается на временное заполнение этой территории. В результате, это приводит к снижению максимальных расходов и к увеличению продолжительности паводка. Таким образом, реки с естественным состоянием пойм способны лучше реагировать на катастрофические паводки и тем самым уменьшать уровень геоэкологической опасности, чем хорошо освоенные поймы [UNECSE, 2015; European Parliament Directive, 2007].

Поверхности поймы в результате катастрофического паводка 2013 года была изменена в основном аккумулятивными процессами: сформировались широкие направленные под углом к берегу реки песчаные гряды, длина которых на отдельных участках достигала 400–500 м (рис.101), эрозийной деятельности практически не наблюдалось.

Натурные наблюдения 2014 года в среднем течении Амура позволили сделать вывод, что процесс грядоформирования на пойме характерен именно на излучинах реки в местах, где стрежень водного потока подходит близко к берегу пойменного массива и создает условия для выхода водного потока на пойму. Эти гряды в прирусловой части поймы сложены тонко- и мелкозернистыми слюдистыми песками мощностью до 1,0 м. При движении вглубь поймы толщина песчаных отложений постепенно уменьшается и на расстоянии 100–150 м от бровки поймы составляет в среднем 1–2 см и представляет собой уже супесь. В центральной части поймы толщина наилка снижается до 0,2–1 мм и состоит преимущественно из легкого суглинка. Аккумуляция наносов также была отмечена и на прирусловых валах, в результате чего их высота увеличилась в среднем на 0,5–0,8 м.

Если рассматривать влияние наводнения на пойменную растительность, то можно отметить следующие особенности. Наибольший вред высокие уровни и значительная продолжительность стояния воды оказали на состоянии древесной растительности на пойме (рис.81), а занесение территорий песчаным материалом – на травянистой растительности. Степень повреждения растительного покрова зависит от уровня и продолжительности затопления берега. В пределах исследуемой части бассейна Амура продолжительность затопления поймы составила от 5 до 8 недель.



**Рисунок 81. Погибшая и угнетенная растительность на пойме  
(фото Е.К. Губаревой, 2014)**

В устьевых частях долин притоков, вдоль подножий коренных склонов и на низких участках поймы погибло много деревьев. Особенно пострадали такие виды как: лиственница, береза, осина и бархат амурский. Более устойчивыми к затоплению оказались ива, дуб, тополь, липы и яблони. Остальные виды древесных и кустарниковых пород, характерных для поймы Амура, пострадали частично на участках с большой длительностью затопления. Стволы деревьев оказались покрыты мощным слоем наилка, что также оказало негативное влияние на их развитие (рис.82). Кроме того, изменены местообитания животных: разрушены их жилища, нарушена кормовая база.



**Рисунок 82. Наилок на корнях отростках в нижней части стволов ивы  
(фото Е.К. Губаревой, 2014)**

Травяной и кустарничковый ярус пострадали от наводнения меньше – песчаный наилок при своём накоплении засыпал существовавшую травяную растительность, однако это не стало экологическим бедствием для существующих здесь сообществ. Уже через год занесенные песчаным наилком территории покрылись горцем, который дал основу для формирования в будущем новых дерново-слоистых пойменных почв.

В результате, можно отметить, что на неосвоенных человеком массивах поймы через год после паводка увеличилась густота травянистой растительности, что положительно влияет на восстановление плодородия почвы – при затоплении пойм во время половодий и паводков на их поверхность из воды осаждаются частички взвешенных наносов, образующих слой пойменного наилка, который, смешиваясь с перегнивающим прошлогодним опадом растительности, становится очень плодородным, а также повышает возможность использовать эти уголья для освоения кормовой базы. Также затопление пойм обеспечивает повышенное увлажнение пойменных почв.



В результате наводнения целостность и функционирование экосистем поймы Амура не были нарушены. Незначительно изменилась структурированность экосистемы, т.е. пространственно-временная организация её компонентов и их связей. Но изменения природных компонентов экосистемы поймы произошли в пределах нормы её устойчивости, особенно ввиду характерной для неё динамичности. Важно отметить, что наводнение не повлияло на способность экосистемы поймы к саморегуляции. Уже в 2014 году стали наблюдаться процессы восстановления и, хотя экосистема поймы, возможно, не вернётся в изначальное состояние в ближайшие годы, но её нынешнее состояние близко к первоначальному [Губарева, 2016].

Прибрежные территории, освоенные человеком, пострадали от паводка 2013 года значительно больше – ухудшилась экологическая и социальная обстановка на обширных приречных пространствах. В результате прошедшего катастрофического наводнения было разрушено большое количество дачных домов, многие из них были перемещены на много метров от своего изначального местоположения, некоторые были снесены в лощины (рис.83).



**Рисунок 83. Разрушенные дома на о-ве Большой Уссурийский  
(фото Е.К. Губаревой, 2014)**

Большие площади огородов на дачных участках были занесены песком, который образовал на их месте песчаные шлейфы (рис.84). Это приводит к полному уничтожению плодородного слоя почвы в результате их опесчанивания и требует долгого времени для восстановления.



**Рисунок 84. Песчаные шлейфы на садовых участках на о-ве Большой Уссурийский (фото Е.К. Губаревой 2014)**

Кроме того, в результате прошедшего катастрофического паводка воды на пойму вынесли большое количество растворенных минеральных, биогенных и химических веществ; из последних в 2013 г. наибольшая концентрация отмечалась у нитратного азота, фосфора, хлора, кальция, углекислоты, магния, сульфатов. В результате это привело к ухудшению качества воды на что указывает слабощелочные показатели рН [Наводнение..., 2013].

Помимо данных веществ водой были перенесены опасные вирусы: так увеличались случаи заражения острыми кишечными инфекциями (брюшной тиф, дизентерия, вирусный гепатит А, сальмонеллезы и другие), геморрагическая лихорадка, а также вирусные инфекции у животных: ящур и дру-



гие. Стоит отметить, что даже через год после наводнения в регионах, подверженных затоплению, был зафиксирован рост заболеваемости ящуром среди домашних животных. По этой причине на территории только Амурской области было умерщвлено и кремировано 1166 голов животных, ущерб от этого составил около 16,5 млн. рублей [Черногаева и др., 2014].

Кроме того, после прошедшего паводка большие пространства пойменных массивов покрылись кучами мусора как биогенного, так и антропогенного происхождения (рис.86), что привело к ухудшению санитарно-эпидемиологической обстановки в амурском бассейне.



**Рисунок 86. Скопления мусора на о. Большой Уссурийский  
(фото Е.К. Губаревой, 2014)**

Особенно большие скопления разнообразного мусора образовались по берегам в среднем течении Амура, где они протягиваются на десятки километров, трассируя уровень максимального затопления во время паводка 2013 года.

#### **4.1.2. Влияние русловых деформаций и других рельефообразующих процессов на геоэкологическое состояние ПРК**

Для хозяйственной инфраструктуры на берегах реки, а также судоходства и другой деятельности в прирусловых частях речной долины, уровень геоэкологической опасности определяется интенсивностью русловых перестроений. Для рек бассейна Амура характерна высокая динамичность

русловых переформирований, а в связи с пограничным положением основного русла Амура и его притоков, русловые процессы влияют и на геополитическую обстановку в данном регионе, что определяет специфику геоэкологической опасности пойменно-русловых комплексов рек бассейна Амура.

К числу опасных русловых процессов здесь относятся:

- образование и переформирование русловых форм рельефа;
- размывы берегов;
- разрушение высоких бортов долины и уступов цокольных террас за счет склоновых процессов (оползней, осыпей и обвалов), спровоцированных подмывом рекой оснований склонов.

Основные переформирования русла Амура и его притоков, как и других широкопойменных рек, происходят в длительный паводочный период, когда проходят руслоформирующие расходы при полном заполнении русла и затоплении поймы. При определенной интенсивности эти процессы могут стать наиболее опасной формой проявления русловых процессов, отражающейся на прибрежной инфраструктуре. Данные о скорости размыва берегов и русловых форм, аккумуляции наносов, смещении островов, направленности русловых деформаций на выделенных участках можно применить для оценки опасности, возникающей в результате переформирований русла в однотипных ПРК рек амурского бассейна.

Русловые процессы оказывают неблагоприятное воздействие на различном уровне в разных по своему типу ПРК в зависимости от взаимодействующих факторов, их силы и направленности. Наиболее интенсивные деформации русла происходят в пределах участков с широкопойменной долиной, в пределах которой русло формируется в свободных условиях развития. Наибольшая протяженность таких участков русла отмечается в пределах среднего течения Амура и среднего и нижнего течения его притоков – Усури и Сунгачи, берега которых имеют высокий уровень освоенности берегов. Эти участки характеризуются высоким уровнем геоэкологической опасности.

В пределах данной территории было выделено несколько ключевых участков ПРК с различным типом русел и было определено, что наибольшими скоростями трансформации отличаются ПРК с разветвленными руслами, структура которых регулярно подвержена сезонным и многолетним изменениям. Участки реки у населенных пунктов, характеризующие таким типом ПРК и наибольшим уровнем проявления геоэкологических опасностей, связанных с русловыми деформациями даны в таблице 11.

**Таблица 11. Участки русла Амура с наибольшей интенсивностью русловых деформаций**

Пункт	Расстояние от устья Амура, км	Водный узел	Опасности
Джалинда	201	Большой Невер	в расширениях речной долины есть потенциальная опасность перераспределения стока воды между рукавами в одиночных и односторонних разветвлениях и размыва берегов
Черняево	418	р.Буринда	развитие излучин по типу прорванных, отчленение пойменных массивов
Константиновка	1013	Константиновка	размыв берегов, интенсивная аккумуляция наносов
Поярково	1069	Поярково	интенсивная аккумуляция наносов, развитие протоки, перенос линии фарватера
Иннокентьевка	1183	Иннокентьевка	размыв берегов, интенсивная аккумуляция наносов
Екатерино-Никольское	1448	Амурзетский	размыв берегов, усиление аккумуляции наносов
	1527	Венцелевский	интенсивная аккумуляция наносов, развитие протоки, перенос линии фарватера
Ленинское	1615	Амуро-Сунгарийский	перераспределение стока воды и наносов между рукавами, размыв берегов, смещение русловых форм рельефа, перенос фарватера и линии судового хода
Хабаровск	1891	Амуро-Уссурийский	отмирание правобережных рукавов, перераспределение стока воды между основным руслом и рукавами, интенсивная аккумуляция

На участках русла Амура, данных в таблице, имеющиеся геоэкологические опасности после прошедшего катастрофического паводка 2013 г. усилились.

Стоит отметить, что если для экосистемы реки русловые деформации не наносят ущерб, а наоборот являются основными динамическими процессами в пределах ПРК и обеспечивают их развитие, то для хозяйственной инфраструктуры и человека они могут нанести ущерб. Русловые процессы в бассейне Амура вызывают ряд проблем: разрушение хозяйственной инфраструктуры – обрушение зданий, сооружений, коммуникаций, подмыв опор мостов и трубопроводов и других сооружений, сокращение площадей сельскохозяйственных земель, ухудшение условий судоходства, ухудшение условий работы водозаборов и водовыпусков, увеличение интенсивности размыва берегов за счет нерегулируемых берегозащитных мероприятий, увеличение уровня затопления территории, ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки, а для пограничных рек еще и изменение положения государственной границы. В результате прибрежные хозяйства ищут наиболее эффективные методы борьбы с размывом берегов, подмывом опор мостов и трубопроводов, с последствиями наводнений и другими геоэкологическими опасностями.

Степень опасности в случае размыва берегов зависит от размываемости пород, из которых они сложены, транспортирующей способности водного потока, распределения внутригодового стока, а также от степени освоенности берегов реки. Наибольшая интенсивность размыва берегов отмечается во время прохождения на реках половодья или паводков. В настоящее время наибольшие значения скоростей размыва берегов в амурском бассейне были отмечены после катастрофического паводка 2013 года.

Приречная территория от пос. Джалинда до пос. Пашково, а также на участке вблизи пос. Екатерино-Никольское находится на первой надпойменной террасе, в цоколях которых выходят трудноразмываемые породы –

такие места практически не подвержены размыву. Другие – сёла Благоденное, Садовое, Новоспасское, Осиновка, расположены на второстепенных рукавах Амура, и поэтому тоже не страдают от опасности размыва берегов. Китайский берег наоборот на этом участке больше подвержен размыву, так как сложен легкоразмываемыми породами.

Примером участков с высоким уровнем размыва берегов на обоих берегах в среднем течении Амура могут послужить следующие водные узлы: Большой Невер, Константиновка, Иннокентьевка, Амурзетский, Венцелевский, Амуру-Сунгарийский, Амуру-Уссурийский. За последние 30 лет наблюдений в этих узлах скорость размыва берегов достигла 5–7 м/год. Однако, во время паводка 2013 г. скорости размыва увеличились, что косвенно подтверждается наличием отвесных яров острова, у основания которых нет даже узкой полоски бечевника. Усиленный размыв берега спустя год после паводка сохранился, что хорошо видно на снимке, сделанном в сентябре 2014 года (рис. 87).



**Рисунок 87. Ускоренный размыв острова Средний, сохранившийся после паводка 2013 года (фото Е.К. Губаревой, 2014)**

В пределах исследуемой территории наибольшая протяженность фронта размыва берегов характерна для Среднего Амура (табл. 12). В интенсивности и длине размываемых участков на правом и левом берегу имеются различия: на правом берегу Амура размыву подвержены 11,3 % от их

общей длины, а на левом берегу 27 %. Такая разница обусловлена разным уровнем и масштабом мероприятий по берегоукреплению берегов в России и Китае. При этом на левом берегу р. Уссури по сравнению с правым берегом соотношение противоположное – левый берег размывается интенсивнее, в связи с тем, что российский правый берег сложен на половине длины участка трудноразмываемыми породами, что связано с геоморфологическим строением долины.

На реке Сунгача современные незначительные плановые размывы происходят со средней скоростью всего 0,3–0,5 м/год, протяженность фронта размыва обоих берегов составляет на данный момент лишь 8 % их длины. Наибольшая суммарная длина фронта размыва обоих берегов реки составляет 12 км (5 и 7 км на правом и левом берегах соответственно) и отмечается в нижнем течении реки. В верхнем и в среднем течении реки суммарные длины фронта современного размыва близки и составляют 3,1–3,6 км. Повышенная размываемость нижнего участка реки связана с более рыхлым аллювием р. Уссури, к долине которой он приурочен.

**Таблица 12. Степень размываемости берегов на пограничном участке р. Амура**

Участок долины	Его длина в км.	Левый берег (Россия)				Правый берег (Китай)			
		Размываемые берега		Берега нейтральные и аккумулятивные / в т.ч. скальные		Размываемые берега		Берега нейтральные и аккумулятивные / в т.ч. скальные	
		Длина в км	Доля в %	Длина, км	Доля в %	Длина в км	Доля в %	Длина, км	Доля в %
Верхний Амур (от слияния р. Шилки и Аргуни до устья р. Зеи)	883	47	5,3	423/370	47,9/ 41,9	31	3,5	155/ 445	17,6/ 50,4
Средний Амур (от устья р. Зеи до устья р. Уссури)	975	264	27	635/35	65/3,6	110	11,3	565/ 88	58/9



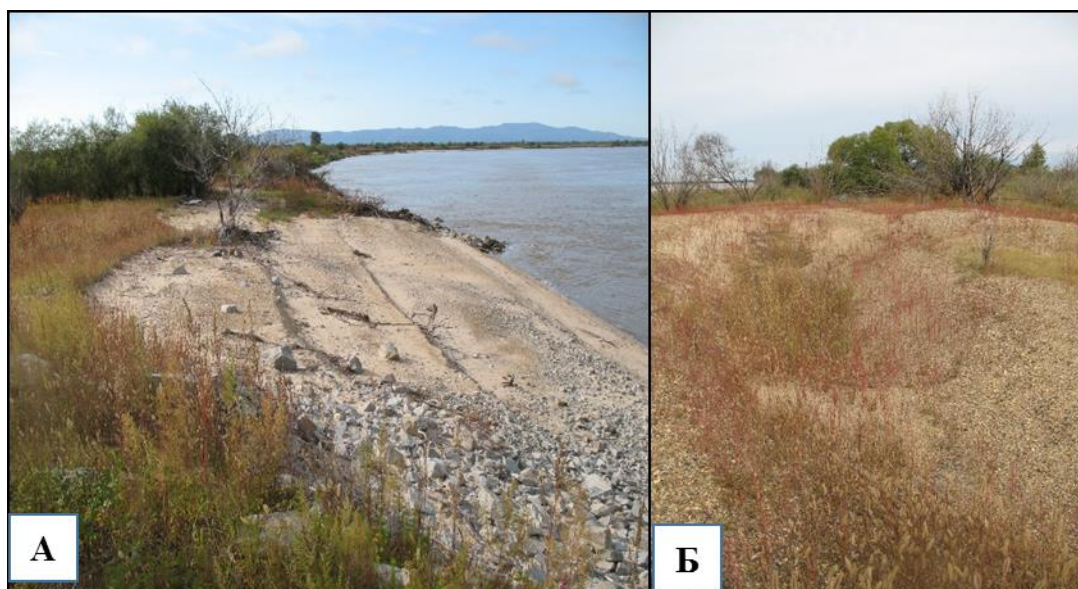
от устья Усури до устья Сунгачи	700	Правый берег (Россия)				Левый берег (Китай)			
		41,55	6	645	92	220	31	355	50,7
р.Сунгача	212	8,1	4	203,9	96	10,6	5	201,4	95

Ещё одним из факторов, увеличивающим уровень геоэкологической опасности на участке, является переформирование разветвлений, в результате которого может произойти обмеление водозаборов, портов и подходов к объектам прибрежной инфраструктуры в отмирающих рукавах, а также ускорение эрозии берегов в развивающихся рукавах. Помимо таких последствий, изменение распределение стока воды между рукавами может привести и к изменению положения фарватера, к утрате островных территорий, вследствие чего на пограничном участке р.Амура может встать вопрос и о пересмотре положения границы между Россией и Китаем.

Во многих разветвлениях в среднем течении Амура усиление разработки второстепенных рукавов активизировалось после прошедшего в 2013 году катастрофического паводка. Это подтверждает увеличение интенсивности размыва наносов и береговой эрозии в протоках, тенденция развития которых отмечалась и ранее. Так в Амуро-Сунгарийском узле продолжается развитие левобережных второстепенных протоков Средней и Кукелевской, а также поперечного протока между ними. Наиболее интенсивно береговая эрозия проявляется на левом берегу основного русла Амура напротив о. Биджанский (средняя скорость размыва здесь составляет около 5 м/год) и на верхнем отрезке протоки Средней. В ближайшее время, несмотря на развитие второстепенных рукавов, крупного переформирования Амуро-Сунгарийского разветвления не предвидится, и сток будет проходить по основному рукаву. Однако, если расположенная выше данного узла протока Пропаристая будет активно развиваться, то это может усилить размыв островов в устье протоки Средней, и привести к её развитию и переносу в неё основного расхода воды, а вследствие этого и фарватера, по которому проходит граница между государствами [Махинов, Завадский и др., 2016].

Кроме того, усилился намыв гребней многих перекатов в основном русле Амура. Особенно характерное обмеление отмечено на 10-километровом перекатном участке в пределах Амура-Сунгарийского узла, в котором и раньше наблюдалось большое скопление осередков и беспорядочно расположенных побочней возле небольших пойменных островов, а подпор со стороны р. Сунгари способствовал постоянному обмелению. После катастрофического паводка 2013 года здесь ещё больше активизировалась аккумуляция аллювия, что привело к увеличению площади осередков и побочней в самом узле и на расстоянии 9 км от него. Отмечается и общее повышение площадей побочней в спрямляющих второстепенных протоках Средней и Кукелевской. Вследствие прохождения во время паводка большого количества стока наносов произошло увеличение площади отмелей, прилегающих к безымянным островам, расположенным выше слияния, что осложнило судоходство на данном участке: динамическая ось потока здесь имеет извилистую конфигурацию с крутыми поворотами.

Таким же водным узлом, характеризующимся потенциально высоким уровнем геоэкологической опасности, является Амуро-Уссурийское (Хабаровское) разветвление. После паводка 2013 года активизировались аккумулятивные процессы (рис.88), проявляющейся в формировании новых осередков, побочней и островов, расширении ранее образованных островов, а также обмелении перекатов, что влечет за собой снижение стока и расходов в правобережных протоках. Особенно интенсивно аккумуляция наносов отмечалась на участке от истока протоки Пемзенской до устья протоки Амурской. В результате в связи с возросшей пропускной способностью левых протоков, в главном русле Амура произошло снижение расходов воды, что привело к смещению динамической оси потока, заилению водозабора г. Хабаровска, угрозе размыва опор Хабаровского моста, особенно левобережной части, создало проблемы для судоходства, а также угрозу переноса государственной границы в центральную часть основного русла Амура.



**Рисунок 88. Аккумуляция наносов на участке Амуро-Уссурийского узла: А - в прирусловой части поймы; Б. в центральной части поймы (фото Е.К. Губаревой, 2014)**

Обмеление русла и усложнение руслового аккумулятивного рельефа, интенсивный размыв берегов после паводка в русле Амура отмечается и в других неустойчивых местах. Так, в расширении русла перед островом Гольдинским (260 км от г.Хабаровска) в истоках правого рукава Старый Амур сформировалась крупная отмель, существенно, перекрывающая заход в рукав, а в месте слияния проток Еврасиха и Луговая сформировалась группа осередков.

Однако стоит отметить, что катастрофический паводок только усилил аккумуляцию наносов в русле на тех участках, где она происходила всегда. На период наблюдений за руслом (сентябрь 2014 года) такие участки еще не успели вернуться в прежнее состояние устойчивого равновесия. Обмеление гребней, отмечалось и на других перекатах основного русла Амура в среднем течении, но уже в следующем году многие аккумулятивные формы размылись, часть донных наносов переотложилась в плёсовые лощины, на пойме или перераспределилась во второстепенные отмирающие рукава. Сегодня обмеление сохранилось только на тех участках, где и в естественном состоянии происходил их намыв.

Вместе с тем аккумулятивные процессы в большей степени отразились на пойме. Большое количество аллювия во время паводка отложилось на пойме, преимущественно в ее прирусловой части, что привело к преобразованию её поверхности (возникновение новых микроформ рельефа), изменению состава отложений и угнетению или отмиранию части пойменной растительности.

Проводя геоэкологическую оценку пограничной части рек бассейна Амура по уровню опасности русловых процессов, можно дать общую характеристику на каждый выделенный участок в пределах исследуемой территории. Ниже слияния Шилки и Аргуни на верхнем Амуре опасность русловых процессов невелика.

Русловые процессы на Среднем Амуре, ниже устья Зеи, опасны практически на всем участке реки. Между устьем р.Зеи и с. Пашково (начало ущелья Амура в Малом Хинганском хребте) примерно половину здесь занимают участки с малой и умеренной опасностью; последние характеризуются разветвлено-извилистым или извилистым руслом, где опасными являются не только размывы берегов, но и перераспределение стока между рукавами. На среднем Амуре выше Малого Хингана правый берег Амура сложен прочными породами, а там, где формируется пойма из легкоразмываемых пород, он укрепляется от размыва и наводнений, поэтому размываются, главным образом, левые (русские) берега [Махинов и др., 2001]. Темпы размыва левого берега могут достигать 9–10 м/год.

Ниже выхода из ущелья в Малом Хингане в сужениях и расширениях долины вплоть до самого устья опасность русловых процессов на Амуре также характеризуется высоким потенциальным уровнем опасности. Горизонтальные деформации в разветвленном русле Амура протекают, преимущественно, в ПРК с разветвленными руслами: скорости размыва берегов островов составляет 10–15 м/год; берега основного русла размываются медленнее, но всё же в отдельных местах скорость их отступления также велика и составляет 9–10 м/год. Однако таких мест мало, а размывы островов на

левом берегу из-за их незаселенности опасности не представляют. А правый берег характеризуется высоким уровнем защищенности противоэрозионными сооружениями. Стоит отметить, что периодическое перераспределение стока между рукавами также происходит локально, хотя иногда выше г.Хабаровска создаются пограничные проблемы и ухудшаются судоходные условия. Исключение составляет Хабаровский водный узел, процессы в котором развиваются крайне неблагоприятно как с социально-хозяйственной, так и с точки зрения пограничных вопросов взаимоотношений прибрежных государств.

Регион с умеренной степенью опасности русловых процессов выделяется в среднем течении р.Уссури между устьями рек Сунгачи и Большой Уссурки. Здесь это также связано с интенсивным размывом вогнутых берегов. Пограничное положение рек на данном участке увеличивает опасность от размыва берегов, последующего спрямления излучин и перераспределения стока между рукавами. Так на участке р.Уссури ниже г. Лесозаводска развиты сегментные крутые излучины с размываемыми вогнутыми берегами и возможным спрямлением нескольких излучин с последующим отторжением пойменных массивов – шпор излучин. При этом в пользу России возможно спрямление двух излучин, в пользу Китая – тоже двух. Суммарный фронт размыва китайского берега от г. Лесозаводска до г. Дальнереченска составляет 46,75 км, суммарный фронт размыва российского берега на этом же участке реки – 41,55 км.

Таким образом, наиболее динамичные преобразования русла происходят в среднем течении реки Амур в пределах Еврейской Автономной Области и в нижнем течении реки Уссури в пределах Хабаровского края, имея ярко выраженный локальный характер. Нередко на протяженном участке реки происходит развитие только левобережных или только правобережных ее рукавов. Интенсивные процессы размыва берегов и образование аккумулятивных форм в руслах рек Амур и Уссури перераспределению стока воды

между рукавами, что на пограничных участках речных русел может привести к переносу линии государственной границы России и Китая.

Естественная тенденция более активного размыва правого берега реки Уссури, а также заполнение наносами правобережных рукавов реки Амур, ниже устья реки Сунгари, будут способствовать перераспределению основного потока к российскому берегу, что может стать причиной переноса фарватера и возникновения претензий Китая на крупные острова, принадлежащие в настоящее время России.

Проведенный анализ действующих природных опасностей на пограничных реках бассейна Амура позволил определить уровень их воздействия на геоэкологическое состояние исследуемой территории путем сопоставления критериев, определяющих интенсивность их проявления (таблица 13).



Таблица 13. Критерии оценки природных геоэкологических опасностей на пограничных реках бассейна Амура

Уровень опасности	Показатели опасности, баллы	Скорость размыва берегов, м/год	Длина размыва, в % от их протяженности	Средняя скорость смещения форм руслового рельефа, м/год	Периодичность горизонтальных русловых деформаций	Уровень затопления поймы, в м	Длительность затопления, сутки
опасный	3	10-20	30-60	более 20	быстрые (годы)	8	более 30
умеренноопасная	2	5-10	10-20	5-10	постепенные (десятки лет)	5-6	20-30
малоопасная	1	2-5	5-10	менее 5	медленные (сотни лет)	3-4	15-20
незначительная	0	менее 1	менее 5	менее 5	медленные (сотни лет)	Менее 3	менее 15

#### 4.2. Антропогенно обусловленные геоэкологические опасности

Равнинная территория долины Среднего Амура хорошо освоена и заселена, здесь располагаются важными городские центры Приамурья и китайской провинции Хэйлуцзян: Благовещенск, Хабаровск, Хэйхэ, Тунцзян, Фуюань, Лобэй, Цзяинь, Айгунь и некоторые других населенные пункты. Средний Амур характеризуется как район с развитой речной транспортной сетью: здесь имеются речные пути не только вдоль русла Амура, но и транзитные по четырем крупным судоходным рекам из Маньчжурии (справа) и Еврейской автономной области (слева).

Правый российский берег реки Уссури в нижнем течении заселен не так сильно, как Средний Амур, из крупных населенных пунктов можно отметить такие города как: Дальнереченск и Лесозаводск; левый китайский берег на большей части сильной заболочен и заселен ещё в меньшей степени, однако данную территорию активно осваивают под сельскохозяйственные нужды, из крупных поселений здесь расположен город Жаохэ (с населением около 120 000 чел.) [Чернов, Губарева, 2018]. Плотность населения и система освоения российского и китайского берегов Амура различна. Плотность населения на китайском берегу выше, чем со стороны России. На правом берегу среднего Амура в пограничных городах и поселениях провинции Хэйлуцзян проживает более 2,5 млн. человек, а на левом берегу – не более 900 000 человек. В результате, такое ассиметричное освоение ресурсов бассейн Амура на границе обуславливает наличие практически всех видов антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей (см.табл.10).

По данным Федерального агентства водных ресурсов [voda.mnr.gov.ru], большая часть ресурсов пограничной части амурского бассейна используются с целью водозабора (в пределах Зейско-Буреинской равнины 25–37 %, в Нижнеамурской – 8 %, в Нижнеуссурийской и Приханкайской – 7,5 %), сброса сточных или дренажных вод (в Зейско-Буреинской

равнине – 30–40 %, в Нижнеамурской – 14 %, в Нижнеуссурийской и Приханкайской – 9 %), размещения и строительства гидротехнических сооружений, мостов, подводных и подземных переходов, трубопроводов, подводных линий связи и других объектов (в Зейско-Буреинской равнине – 30 % от всех видов хозяйственной деятельности, в Нижнеамурской 71 %, в Нижнеуссурийской и Приханкайской – 76 %), проведения дноуглубительных, взрывных, буровых и других работ, связанных с изменением дна русла и берегов (в Зейско-Буреинской равнине – 2–6 %, в Нижнеамурской – 5 %, в Нижнеуссурийской и Приханкайской – 7 %), разведки и добычи полезных ископаемых (в Зейско-Буреинской равнине – 1,9 %, в Нижнеамурской – 1,6 %, в Нижнеуссурийской и Приханкайской – 0,9 %). К сожалению, в исследуемой части бассейна хозяйственная деятельность человека плохо контролируется. В результате, в руслах рек и на их поймах это приводит к не менее, если не более опасным явлениям, чем естественные русловые процессы. К наиболее высокому уровню геоэкологической опасности, который выражается в изменении факторов развития естественных русловых, пойменных процессов и функционирования пойменных ландшафтов, может привести такая деятельность как: гидротехническое строительство, искусственное берегоукрепление и обвалование русла, промышленный, коммунальный и ирригационный водозабор и сброс, дноуглубительные работы в русле, мелиоративные и лесотехнические мероприятия на берегах реки.

#### **4.2.1. Гидротехническое строительство и гидроузлы**

Для развития поселений и инфраструктуры, необходимой для населения активно используются ресурсы реки: функционируют и строятся новые гидротехнические сооружения (набережные, берегоукрепительные и противопаводковые дамбы, водохранилища, ГЭС), мощные водозаборы на берегах вблизи крупных городов, проводятся дноуглубительные работы для улучшения судоходных условий, производится добыча строительных песчано-гравийных материалов из реки, разрабатываются россыпные русловые

месторождения, а также производят промышленный, коммунальный и ирригационный водозаборы и сбрасываются промышленные, бытовые и другие виды загрязненных вод в реку.

В настоящее время на исследуемом участке бассейна Амура распространены также такие гидротехнические сооружения как: водохранилища и пруды, защитные и регулировочные сооружения, сооружения для водозабора и водоотведения.

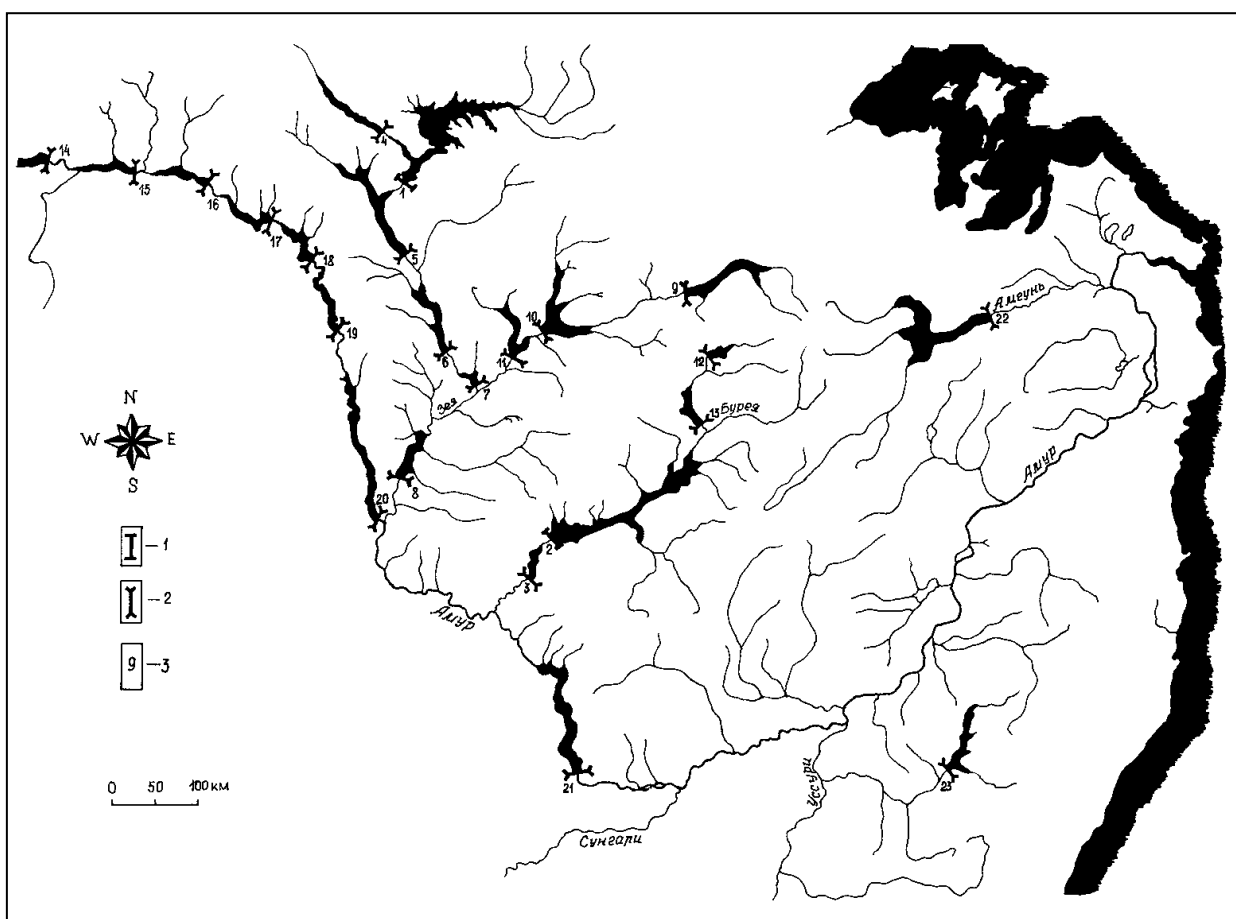
Водоохранилища и пруды на левобережье амурского бассейна строились большей частью с целью орошения сельскохозяйственных земель на Верхнем Амуре – 7, на Среднем Амуре – 5 и на Уссури 63; в настоящее время 17 из них по своему проектному назначению не используется и перешли в объекты рекреационного хозяйства.

Рассматривая вопрос о гидротехническом строительстве важно отметить, что крупных гидроузлов в основном русле Амура пока нет. На крупных амурских притоках – р.Зее и р.Бурее, построены крупные ГЭС. Влияние Зейской ГЭС на водный режим и внутригодовое распределение стока исследователи начали отмечать с осени 1975 года. В результате зарегулирования части бассейна Амура изменился режим внутригодового распределения стока воды в самой реке. Средняя годовая амплитуда колебаний уровней воды снизилась у с. Нагибово на 1,75 м, у г. Хабаровска –0,98 м, у г. Благовещенска до 0,60 м. Максимальное снижения амплитуды колебаний отмечается в пределах хр. Малый Хинган: у с. Пашково –1,77 м и у с. Помпеевка –2,25 м. Однако наряду с этим, отмечается повышение средних минимальных уровней воды зимней межени в пределах 0,5–1,0 м, за исключением участка Малого Хингана, где они достигают 1,24 м. В итоге, меньшее влияние эксплуатация Зейской ГЭС оказывает на максимальные расходы воды в р. Амуре, так как они определяются в большей степени сочетанием водности всех областей формирования стока. В большей степени влияние ГЭС отражается на увеличении расходов воды в период зимней межени – почти

в два раза с 880 м<sup>3</sup>/с до 1600 м<sup>3</sup>/с [Ким, 1999а; Махинов, Лю Шугуан, 2013]. Похожая ситуация исследователями отмечается и на Буреинской ГЭС.

В амурском бассейне в ближайшие годы планируется осуществлять крупные гидротехнические проекты, с одной стороны регулирующие сток и защищающие территории от крупных наводнений. В августе 2013 г. во время катастрофического паводка многие водохранилища на крупных амурских притоках на российском берегу подтвердили свою эффективность и выполнили свою регулирующую функцию, задержав колоссальное количество воды, которая при поступлении в р. Амур обусловила бы еще большие максимальные уровни воды и затопление территории. Однако, на сегодняшний день не все существующие в бассейне Амура водохранилища в полной мере справляются с регулированием стока воды, что было также выявлено во время катастрофического паводка 2013 г., когда малые водохранилища на китайском берегу не справлялись с потоком воды и прорывались, затопив расположенных рядом поселения. Поэтому возникает необходимость проведения новых гидротехнических мероприятий с учетом специфики функционирования речной амурской системы. Среди таких мероприятий можно выделить проектирование и строительство новых ГЭС, возведение многочисленных малых водохранилищ, мелиоративные работы по осушению равнины Санцзян (южная часть Среднеамурской низменности) в Северо-Восточном Китае [Подольский, 2006; Симонов, 2015].

С 1986 года, когда между Россией и Китаем было подписано межправительственное соглашение о создании комиссии для разработки Схемы комплексного использования водных ресурсов р.Амура, было запланировано строительство восьми гидроузлов (рис.89): Амазарский (Мохэ, 2799 км от устья), Джалиндинский (Ляньинь, 2618 км от устья), Толбузинский (2475 км от устья), Кузнецовский (2336 км от устья), Нововоскресеновский (2247 км от устья), Сухотинский (2030 км от устья), Благовещенский (1941 км от устья), Хинганский (Тайпингоу, 1386 км от устья).



**Рисунок 89. Картограмма существующих и проектируемых гидроузлов в бассейне Амура:** 1. существующие плотины; 2. проектируемые плотины; 3. существующие и проектируемые водохранилища: 1 – Зейское, 2 – Бурейское, 3 – Нижне-Бурейское, 4 – Гилуйское, 5 – Инжанское, 6 – Чагоянское, 7 – Граматухинское, 8 – Черниговское, 9 – Русиновское, 10 – Дагмарское, 11 – Абайканское, 12 – Верхнениманское, 13 – Нижнениманское, 14 – Амазарское, 15 – Шилкинское, 16 – Джалиндинское, 17 – Толбузинское, 18 – Кузнецовское, 19 – Новоскресеновское, 20 – Благовещенское, 21 – Хинганское, 22 – Амгунское, 23 – Хорское [Подольский, 2006]

При согласовании схемы российские исследователи и специалисты высказывали опасение по поводу последствий строительства таких гидроузлов в основном русле Амура, однако корректирования проекта в связи с их рекомендациями не было произведено. Так, основными тезисами были: включение в проект противопаводковых резервных емкостей; совместный расчет строительства дамб и берегоукреплений; рассмотрение вариантов комплексного использования речных ресурсов р.Амура, а не только рас-



смаатривать гидроэнергопотенциал; расчет потенциального эколого-экономического ущерба; рассмотрение опыта многолетнего воздействия подобных проектов на природные, хозяйственные и социальные системы зарубежных проектов и предотвращение негативных последствий для экосистемы реки и населения региона при строительстве и эксплуатации ГЭС [Подольский, 2006].

При планировании строительства гидротехнических сооружений на пограничном участке амурского бассейна, необходимо учитывать, что негативные последствия строительства каскада водохранилищ на верхнем Амуре, могут превысить положительные результаты: резко усилится водозабор, перехват донных наносов в верхнем течении может вызвать усиление эрозии на нижнем Амуре, приведет к ухудшению экологической среды обитания животных и растений в результате изменению естественных прибрежных ландшафтов, но главное – при изменении факторов русловых процессов, меняется функционирование системы в целом. Так, например, в результате эксплуатации Зейского и Буреинского водохранилищ усилились интенсивность эрозии берегов, горизонтальных русловых деформаций, врезания русла в нижних бьефах гидроузлов, обмеление перекатов, аккумуляция аллювия в верхних бьефах гидроузлов в результате чего русла рек мелеют. Помимо этого, после строительства водохранилищ в горных районах, увеличится частота оползней и селей. В верхнем течении Амура, где распространена островная вечная мерзлота, активизируется термоабразия. Несмотря на то, что гидроузлы сдерживают одинарные паводки или уменьшают уровни подъема воды, они являются и дополнительным фактором увеличения частоты и уровней подъема воды во время катастрофических паводков. Помимо данных последствий строительство каскада ГЭС на р.Амуре приведет к изменению климата в бассейне – могут увеличиться влажность воздуха и понизиться температуры в весенне-летний период, что приведет к колоссальному ущербу для данного региона [Подольский, 2006; Махинов, Лю Шугуан, 2013].

Вызванные антропогенным вмешательством геоэкологические опасности в свою очередь влияют и на качество жизни в прибрежных районах рек: интенсивное врезание русел приводит к обмелению оголовков водозаборов, обрыву трубопроводов; в случае ускоренной аккумуляции водозаборы заносятся, что приводит к ухудшению качества воды, потребляемой населением.

Другие гидротехнические сооружения, возведенные чаще всего в районах крупных населенных пунктов – мостовые переходы, польдерные системы, берегозащитные и противопаводковые сооружения, автомобильные и железнодорожные насыпи, водозаборы, линии электропередач, русловые карьеры заметно снижают пропускаемую способность русла и поймы Амура. Это послужило дополнительным фактором увеличения максимальных уровней подъема воды во время катастрофического паводка 2013 года. По оценкам исследователей высота подъема уровней воды дополнительно за счет подпора мостового перехода Транссибирской магистрали у г. Хабаровска, и польдера площадью около 61 км<sup>2</sup>, расположенного на острове Большой Уссурийский, а также противопаводковых дамб на китайском берегу в районе г. Фуюань, расположенном несколько выше по течению от г. Хабаровска составила около 80 см.

Некоторые подобные существующие гидротехнические сооружения были построены без соответствия современным требованиям, что уменьшает их эффективность и увеличивает возникновение геоэкологических опасностей, связанных с бесконтрольным их использованием.

#### **4.2.2. Берегоукрепление**

Наиболее распространенным в бассейне Амура процессом, который влияет на уровень геоэкологической опасности, является размыв берегов. В естественных условиях функционирования ПРК он не является опасным, но при условиях хозяйственного освоения поймы, является одним из важнейших факторов, определяющих геоэкологическое состояние реки, а также за-

трудняет судоходство, приводит к разрушению прибрежной инфраструктуры и пр. Уровень геоэкологической опасности при оценке воздействия размыва берегов определяется устойчивостью насыпей при пропуске паводковых вод, а также скоростью, протяженностью фронта и динамикой размыва берегов. Для предотвращения интенсивной береговой эрозии в амурском бассейне проводятся комплексные работы по берегоукреплению.

Для оценки степени воздействия берегоукрепительных мероприятий на ПРК рек исследуемой части пограничных рек амурского бассейна определена доля укрепленных берегов на выделенных участках: Верхний Амур, Средний Амур, р.Уссури (от устья р.Сунгачи до собственного устья). Затем полученные данные были сопоставлены с долей размываемых берегов от общей длины русла на каждом участке. Общая длина укрепленных от размыва пойменных берегов пограничного участка рек бассейна Амура составляет 89 % от всего потенциально размываемого берега, на различных участках эта величина изменяется от 5% в верхнем течении до 20 % в среднем течении и на р.Уссури (таблица 14). При этом на правом китайском берегу укреплены от размыва от 20 % до 30 % берегов, а на левом российском – в среднем 15 %. Такая диспропорция связана с различной степенью хозяйственного освоения на российской и китайской стороне.

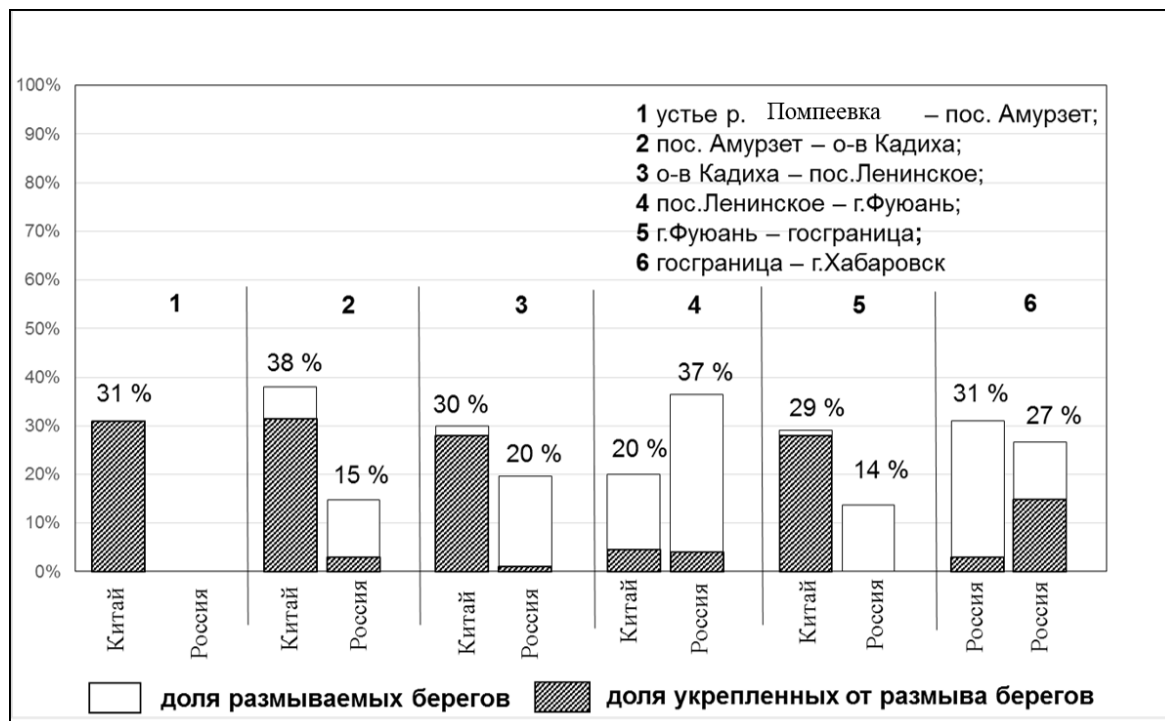
**Таблица 14. Данные по берегоукреплению берегов р.Амура**

Участок долины	Его дли на в км	Левый берег (Россия)			Правый берег (Китай)		
		Размываемые берега		Берегоукрепление, км	Размываемые берега		Берегоукрепление, км
		Длин а, км	Доля в %		Длина, км	Доля в %	
Верхний Амур	883	47	5,3	43 (5%)	31	3,5	79 (9%)
Средний Амур	975	264	27	146 (15 %)	110	11,3	212 (22 %)
от устья Сунгачи до устья Уссури	700	Левый берег (Китай)			Правый берег (Россия)		
		220	31	125 (18 %)	258	37	5 (%)

В верхнем течении Амура доля размываемых берегов составляет от 3–5 %. На правом берегу, который освоен лучше, в местах расширения

русла укрепленных берегов больше и составляют 9 % длины берега, на левом – всего 5 %.

Наиболее интенсивно размыв берегов происходит в среднем течении Амура, так как большая часть русла здесь развивается в условиях свободного развития русловых деформаций, а пойменные берега сложены легко-размываемыми породами. Скорость размыва на этом участке реки составляет в среднем 2–5 м/год, а максимальные – 10–15 м/год. Распределение протяженности размываемых участков обоих берегов и доли уже укрепленных берегов среди них в пределах Среднего Амура, наиболее подверженного размыву, показаны на рисунке 90. На диаграмме хорошо прослеживаются участки правого берега, где укрепление берегов применяется широко и левого берега, не так активно осваиваемого российской стороной. На левом берегу укрепление есть рядом с доками, причалами, подъездными путями, а также возле строящегося трансграничного железнодорожного моста через р.Амур.



**Рисунок 90.** Доля размываемых берегов основного рукава русла Амура на участке от устья р. Помпеевка (хр. Малый Хинган) до г. Хабаровска (составлено автором)

Левый (российский) берег укреплен только в местах расположения населённых пунктов и инфраструктурных объектов таких как: причалы, мосты и др. Сельское хозяйство на левом берегу не развито, за исключением сенокосных территорий, берега, на которых они расположены, обычно не укрепляют. Поэтому левый берег укреплен локально, как правило, вблизи прибрежных населенных пунктов ограждены села Пузино, Благословенное, Садовое, Нагибово, пос. Ленинское и Нижнеленинское, села Нижнеспасское, Осиновка и дачные поселки на островах напротив г. Хабаровск – Кабельном и соседнем. Берегоукрепительные сооружения, в т.ч. дамбы строятся здесь с целью защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных земель от наводнений. Кроме того, сами берегоукрепления не такие капитальные, как на правом берегу, и большая их часть была возведена без соответствующих проектных разработок (рис.91), в связи с чем требуют реконструкции.



**Рисунок 91. Укрепление левого (российского) берега от размыва в р-не г.Хабаровск (фото Е.К. Губарева)**

Населенные пункты, близко расположенные к предгорьям Малого Хингана – Екатерино-Никольское и Амурзет, находятся на первой надпойменной террасе, в цоколе которой выходят трудноразмываемые породы – такие места практически не подвержены размыву. Другие – расположены на

второстепенных рукавах Амура, и поэтому тоже не страдают от опасности размыва берегов. В связи с этим длина укрепленных берегов незначительная, а берегоукрепления встречаются лишь на ограниченных отрезках.

Правый (китайский) берег Амура в среднем течении, укреплен от размывов на значительно большем протяжении и более капитальными сооружениями, чем левый российский берег. Это связано, как уже сказано, с различной степенью освоенности берегов реки. Почти на всём протяжении данного участка реки пойма и надпойменные террасы правобережья Амура активно возделываются. Здесь укреплены от размыва все вогнутые берега излучин, за которыми расположена большая часть населенных пунктов и сельскохозяйственные территории. Вогнутые берега укреплены от размыва капитальными берегоукрепительными сооружениями, выполненными из подогнанных друг к другу бетонных плит (рис.92.А) или каменных неразмываемых набросов (рис.92.Б). Протяженность некоторых из них достигают 10–12 км. Не защищёнными, как правило, остаются скопления низких пойменных островов или массивов сравнительно молодой и заболоченной ложбинно-островной поймы, практически не используемой в хозяйстве.



**Рисунок 92. Укрепление правого (китайского) берега в среднем течении Амура от размыва: А. бетонное укрепление; Б. каменная насыпь (фото Е.К. Губаревой)**



В пределах пограничного участка амурского бассейна на р.Уссури размыву подвержено около 30 % берегов. Также, как и на предыдущих участках китайский (левый) берег укреплен лучше, чем российский (см. табл.14).

В последнее время со стороны Китая происходит увеличение протяженности укрепленных берегов, что вызвано не только развитием сельского и городского хозяйства на его прибрежных территориях, но и обеспокоенностью расширения масштабов размыва берегов при прохождении катастрофических паводков. Одностороннее осуществление проекта инженерной защиты левого берега р. Амура на территории Китая и строительство комплекса гидротехнических сооружений китайской стороной обеспечивает стабилизацию их береговой линии и создает благоприятные условия для свободного развития деформаций в пределах неукрепленной российской части русла, их интенсификации и смещения к нему фарватера. Обвалование русла приводит к увеличению руслоформирующих расходов среднего интервала и увеличение глубины русла. Одностороннее берегоукрепление приводит к усилению размыва берегов на противоположной стороне, что в свою очередь, обуславливает расширение русла и изменение его планового положения. Двустороннее обвалование сужает поток воды во время прохождения паводков, что приводит к увеличению уровня подъема воды и к снижению стабильности самого русла. На пойменные экосистемы в результате увеличения уровня грунтовых вод обвалование влияет негативно и приводит к обеднению видового состава растительности [Беркович и др., 2000].

Особенно остро последствия этого процесса отмечается на участке Среднего Амура вблизи г. Хабаровска. Здесь есть тенденция смещения русла Амура влево к северу; в настоящий момент наступает очередной этап спрямления русла по протокам Бешенная и Пемзенская. В результате это может привести к созданию целого ряда проблем в Хабаровском водном

узле. Уход р.Амура от г.Хабаровска приведет к превращению основного рукава в протоку за счет его интенсивного занесения наносами, а территория о.Большой Уссурийский увеличится за счет приращения левобережных островов, и в результате произойдет возобновление российско-китайского пограничного спора, связанного с демаркацией государственной границы и принадлежности о. Большой Уссурийский. КНР может потребовать полного перехода этого острова под свою юрисдикцию. Кроме того, к г. Хабаровску могут быть затруднены или полностью ликвидированы судовые подходы, а мостовой переход через р. Амур потребует кардинальной и дорогостоящей реконструкции, так как его опоры окажутся под направленным воздействием основной струей потока. Для предотвращения подобных последствий переформирования Хабаровского водного узла, на левом берегу Амура расположено дорогостоящее инженерное сооружение (рис.93), представляющее собой переливные плотины в истоках проток Пемзенской и Бешеной.



**Рисунок 93. Переливная плотина в истоках проток Пемзенской  
(фото Губарева, 2014)**

После катастрофического паводка 2013 г. на этом участке активизировался размыв берегов, отступление берега за 3 года с учетом размыва во

время паводка 2013 г. достигло 11 – 12 м. Существует опасность перераспределения потока в обход полузапруды с правобережной стороны. Аналогичные тенденции разрушения правого берега отмечаются в районе полузапруды в протоке Бешеной. Высотные отметки самих полузапруд существенно снизились вследствие проседания и частичного размыва. На этом участке р. Амура находятся железнодорожный и автомобильный мосты через реку Амур, автомобильный мост через протоку Амурскую, польдер на острове Большой Уссурийский, укрепления участков берегов в виде каменной наброски в истоках протоков Пемзенской и Бешеной, а также левого берега Амура между истоками этих протоков и ниже истока протоки Бешеной. На о. Большой Уссурийский выше устья протоки Амурской и в протоке Амурской в районе храма-часовни берега на небольшом протяжении укреплены от размыва каменной насыпью.

Со стороны КНР построен мост выше устья протоки Фуюань (она же Казакевичева), в этой же протоке укреплен левый берег в истоке и приустьевой части, а также выступ берега между протокой и рекой Уссури. Со стороны реки Амур на значительном протяжении укреплены несколько участков берега на острове Большой Уссурийский. Эти укрепления, несомненно, оказывают негативное воздействие на противоположный (российский) берег.

Проведенный анализ данных показывает, что строительство гидротехнических сооружений на самом р. Амуре без учета специфики развития пойменно-русловых комплексов и экосистемы реки в целом, может привести к необратимым геоэкологическим изменениям: исчезновению уникальных амурских ландшафтов, уменьшению биоразнообразия, увеличению частоты катастрофических паводков и крупных русловых переформирований, к дальнейшему снижению качества воды в реке, а также к потере ценных сельскохозяйственных угодий, снижению рекреационного потенциала и комплексного эффективного использования ресурсов р. Амура в целом. В свою очередь данные опасности могут привести к усилению политической

напряженности между прибрежными государствами по причинам распределения водных и земельных ресурсов, что может привести даже к вооруженным конфликтам.

### **4.2.3. Водозаборные и водоотводные сооружения**

Процесс водозабора и сброса сточных вод в исследуемой части бассейна Амура также различен в пределах российского и китайского берегов. Объемы водозабора российской стороной для нужд сельского хозяйства, промышленных производств и коммунального водоснабжения составляет более 500 млн. м<sup>3</sup> воды, из них безвозвратно было использовано более 200 млн. м<sup>3</sup> воды. Большую часть забираемой воды используется здесь для промышленного водопотребления (47,6 %), чуть меньше на хозяйственно-бытовые цели (28,3 %), на сельскохозяйственные нужды – менее 10 %. В бассейне реки Уссури – более 300 млн. м<sup>3</sup>, а безвозвратно изъято более 200 млн. м<sup>3</sup>. Здесь большая часть воды расходуется на сельскохозяйственные нужды, меньшее количество на промышленное и хозяйственно-бытовое водоснабжение.

Большая часть речных водозаборных сооружений на левом берегу сосредоточены в пределах городов Амурской области, Хабаровского и Приморского краев, так как в Еврейской АО водоснабжение в основном осуществляется подземными источниками.

подавляющая часть водозаборных сооружений на российском берегу требует ремонта. При этом важно отметить, что возможность водозабора зависит от качества вод данного водотока, на что влияет уровень отведения в реки сточных вод. Количество сточных вод, поступающих в пограничные реки бассейна Амура, составляет более 1000 млн. м<sup>3</sup>, из них неочищенные или недостаточно очищенные воды составляют более 200 млн. м<sup>3</sup>, а нормативно чистая вода – 200 млн. м<sup>3</sup>. Наибольшее количество водоотводных сооружений расположено в пределах среднего течения Амура на участках от устья р. Зеи до устья р. Буреи, а также от пос. Екатерино-Никольское до г. Хабаровска, их количество на левом берегу составляют более 1000 объектов,

на правом берегу – в два раза больше. К сожалению, более 50 % из них используются без очистных сооружений, следовательно, 2/3 сточных вод в р.Амур поступают загрязненными различными веществами [53].

Данная ситуация обуславливает высокую степень загрязненности воды в р. Амуре и его притоках. Гидрохимические исследования вод в р.Амуре показали, что наиболее характерным загрязняющим веществам относятся: железо, медь, марганец, превышение ПДК которых в 2014 году составили 92, 86 и 74 % соответственно. В районе города Хабаровска также отмечается сильное загрязнение соединениями цинка, аммонийного азота, трудно- и легкоокисляемые органические вещества [Черногаева и др., 2015]. При этом большое количество загрязняющих веществ поступает в воду реки за счет трансграничного переноса вод с хорошо освоенной китайской территории.

#### **4.2.4. Транспортное дноуглубление и выправление русла**

Для улучшения судоходных условий на судоходной части р.Амура выполняют землечерпательные выправительные работы в русле, заключающиеся как правило в углублении русла и расширении судового хода, механически удаляя донные наносы из русла [Беркович и др., 2000].

Дноуглубительные работы в русле Амура вследствие направленной аккумуляции наносов всегда будут востребованы для обеспечения устойчивого судоходства, безаварийной работы водозаборов. Однако при избыточном углублении или проведении работ без учета направленности русловых деформаций, может произойти посадка уровней воды.

В верхнем течении Амура 22 % от всех видов факторов антропогенного воздействия приходится на проведение дноуглубительных и выправительных работ, на Среднем Амуре – 5 %, на пограничном участке р.Уссури – 7 %. В среднем течении Амура проведение дноуглубительных работ в русле наиболее актуально в связи с интенсивной аккумуляцией наносов в основных и второстепенных рукавах после крупных паводков, аналогичных паводку 2013 г. с целью увеличения пропускной способности основного

русла, по которому проходит судовой ход. Примером такого участка может послужить главное русло Амура выше г. Хабаровска, где в настоящее время отмечается процесс интенсивного переотложения наносов в левобережной части русла напротив центральной части города. Это создает негативные последствия для нормального функционирования основного водозабора г. Хабаровска. Эти работы будут также способствовать снижению уровней воды при высоких паводках.

Кроме того, в настоящее время между г. Благовещенском и г. Хэйхэ строится подводный тоннель для прокладки линии газопровода «Сила Сибири». Длина тоннеля составляет 1 240 м, диаметр около 2,5 м.

На речных берегах при этом активно развивается строительство инфраструктурных и транспортных объектов, таких как речные порты, для строительства которых на данном участке реки у левого берега были проведены дноуглубительные работы. Необходимо отметить, что высокого уровня опасности данные работы потенциально не приносят, так как имеют ограниченные сроки осуществления.

Выправительные работы влияют на изменение морфологического строения русла и конфигурации форм руслового рельефа, на увеличение максимальной и средней глубины русла на перекатах, а также уменьшение амплитуды глубин между плесами и перекатами, а также на увеличение крупности руслообразующих наносов. Кроме того, исправительные работы могут привести и к изменению положения динамической оси потока при отторжении побочней, спрямлении излучин, переходе фарватера из одного рукава в другой. Поэтому проведение таких работ требует учета тенденций развития русла, а проведение любых работ не должны нарушать равновесное состояние речной системы.

#### **4.2.5. Разработка карьеров**

Одним из видов нового хозяйственного вмешательства в естественный режим реки является разработка месторождений песка и гравия на дне



и в пойме реки. Добыча нерудных строительных материалов на р. Амуре ведется с конца 40-х годов XX века, но наибольший размах она получила в 1980–1990 годах. Начавшись с разработки отдельных небольших месторождений рядом с крупными городами (Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре) она в 1990 году составила 18 млн. тонн. Самые крупные по запасам месторождения песчано-гравийных смесей (ПГС) выявлены в последние годы на Среднем Амуре в районах крупных городов таких как: Хабаровск и Благовещенск. В настоящее время здесь разведано 27 месторождений с общими запасами более 400 млн. тонн. В окрестностях города Хабаровска, например, находится 10 месторождений ПГС с запасами около 180 млн. тонн. На сегодняшний день добыча ПГС из основного русла Амура составляет 18,6 млн. тонн (2015 г.). По длине реки месторождения расположены неравномерно.

В верхнем и среднем течении Амура и на пограничном участке р.Усури непосредственно из русла или на пойме добыча ПГС осуществляется редко, большей частью карьеры на левом берегу расположены вдали от основного русла рек, добыча ПГС и других материалов непосредственно из русла и на пойме левобережья встречаются чаще (рис.94).



**Рисунок 94. Карьеры в районе г.Илигашань (фото Губарева, 2014)**

Добыча ПГС сопровождается значительным воздействием на водные и пойменные экосистемы: определяет быстрые переформирования русла,

увеличиваются высота и крутизна береговых откосов, может измениться гид-геологический режим пойм. вследствие существенного изменения динамики русловых процессов, посадки уровней воды и прямого антропогенного нарушения мест нереста и нагула местной ихтиофауны [Махинов, Ким, Степанов, 1991; Беркович и др., 2000]. При несущественных объемах добычи ПГС река восстанавливает поверхность дна, если объемы добычи увеличатся, то может произойти ситуация, когда река уже не сможет компенсировать извлечение этого ресурса.

Более существенное влияние добыча ПГС оказывает на состояние ихтиофауны р. Амура. Например, в районе разработки Троицкого месторождения ПГС расположены нерестилища амурского осетра. Данный участок также представляет ценность как нагульный для всех видов рыб. Практически по всей ширине русла проходят миграционные пути нерестовых стад лососевых (осенняя кета), а также происходит скат молоди этого вида.

#### **4.2.6. Хозяйственное освоение поймы**

В верхнем течении на российской части бассейна основная часть земель отведена лесному фонду (93,6 %) (рис. 95), для нужд сельского хозяйства здесь используется всего 5,6 % земель [ФСГС, 2014; Лесной план..., 2008]. Наиболее освоенные и подверженные интенсивной антропогенной нагрузке земли на этом участке составляли до 2013 гг. всего 80 тыс. га, в настоящее время их количество уменьшилось на 72 га. Границы водоохранной зоны здесь не определены, используемые земли подходят непосредственно к руслу [Информационный бюллетень..., 2012].



**Рисунок 95. Заготовка древесины в верхнем течении Амура (фото из Google Earth)**

По степени освоенности и нарушенности пойменных экосистем наиболее подвержены участки реки на Среднем Амуре. Здесь прибрежные земли в большей степени используются для лесо- и сельскохозяйственной деятельности. На левом (российском) берегу на земли лесного фонда приходится 87,5 % территории, на сельскохозяйственные – 11,9 %, из них наиболее интенсивной антропогенной нагрузке подвержены 120 тыс. га. В 2013 году площадь задействованных в сельском хозяйстве земель сократилась на 5,8 га, но в 2014 г. их площадь вновь увеличилась в 1,5–2 раза. Границы водоохранных зон здесь определены, но не закреплены на местности, что снижает возможности их охраны [ФСГС, 2014]. На правом берегу около 90 % земель (около 500 км<sup>2</sup>) освоено в сельскохозяйственных целях.

Для оценки уровня антропогенной опасности в пределах пограничной части реки Амур в среднем течении сведения о хозяйственном использовании были получены автором при натурных исследованиях в 2014 году и в результате анализа статистических данных. Исследуемая часть Среднего Амура была разделена на четыре участка для более точного анализа: 1. г. Благовещенск – с. Пашково; 2. с. Пашково – с. Екатерино-Никольское; 3. с. Екатерино-Никольское – устье р. Бира; 4. устье р. Бира – устье р. Уссури.

Первый отрезок до недавнего времени характеризовался хорошей освоенностью пойменных угодий на обоих берегах, чему способствовали

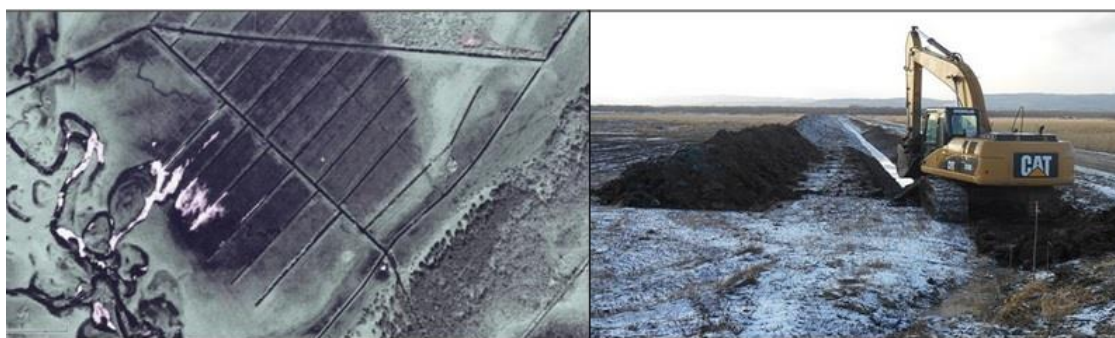
высокие уровни поймы, и, следовательно, и сравнительно редкая их затопляемость, а также лучшие для районов агроклиматические условия. Большая часть земель использовалась под сенокосы и пастбища.

Левобережная прирусловая пойма на этом отрезке затронута процессами преобразования вследствие регулирования стока р. Зеи, что привело к уменьшению её обводненности и интенсивности аллювиального процесса, в результате чего произошло изменение видового состава травостоев и уменьшение продуктивности лугов. В пойменных ландшафтах из-за ухудшения экологического состояния в результате хозяйственной деятельности, уменьшилась и естественная лесистость до 5–10 %. В последние же годы на левобережной (российской) пойме резко снизились темпы хозяйственной деятельности. В 1998 году в пойме Среднего Амура сенозаготовки массово не производились, хотя ранее на участке г. Благовещенск до с. Пашково пойменные массивы, пригодные для механизированной уборки сена, использовались. Также резко сократились ныне используемые площади пахотных земель, которые в большинстве подвергаются естественному залужению, закустариванию и облесению.

Второй отрезок – преимущественно горный. Пойма в нем узкая, прерывистая, на большем протяжении отсутствует. Имеющиеся пойменные массивы на участке от пос. Пашково до пос. Радде освоены, распаханы, часто подвергаются пожарам. Склоны долины облесены, также несут в себе следы многочисленных пожаров. Интенсивность последних, судя по состоянию возобновления лесов, преобладанию молодняка, уменьшилась в связи с сооружением инженерно-технических сооружений на государственной границе. Пока по составу здесь преобладают низкопродуктивные порослевые насаждения леспедецевых, лещинных и травяных дубняков и дубово-черноберезовых лесов. На террасах распространены коренные осиновые и осиново-белоберезовые леса.

В устьях притоков (рек Помпеевка, Каменушка, Маньчжурка, Старикова и др.) имеются локальные поймы, мало затронутые в настоящее время

хозяйственной деятельностью, хотя в недавнем прошлом (до 60-х годов прошлого столетия) долины некоторых из них, например, р. Помпеевка были освоены. Здесь имеются следы даже осушительной мелиорации (рис.96) (в свежих промоинах были найдены дренажные трубы). В настоящее время на правом берегу наблюдается восстановление коренных и производных сообществ лесной растительности. На левом берегу расположен китайский город Цзяинь, являющийся центром лесной промышленности, специализирующийся на заготовке сосны и кедра.



**Рисунок 96. Следы мелиоративных работ на космоснимке правого амурского берега (фото Google Earth)**

Пойменные экосистемы на третьем отрезке почти повсеместно нарушены и трансформированы в результате сельскохозяйственной деятельности. Высокие пойменные массивы на отрезке с. Екатерино-Никольское – с. Ленинское на значительных площадях распаханы под посадку овощных, картофеля, зерновых. Последние сочетаются с периодически переувлажняемыми лугами и изолированными остатками дубовых, дубово-черноберезовых лесов с участием березы плосколистной и осины.

Участки поймы от с. Нагибово до устья р. Биджан используются в качестве пастбищ, а на островах-периодически как сенокосы. Правобережная часть поймы на этом отрезке, за исключением узкой прирусловой полосы и низин, почти полностью распахана. Развиты селитебное освоение поймы, дорожные и иные коммуникации, добыча песчано-гравийных смесей.

Четвертый отрезок поймы Среднего Амура в настоящее время освоен слабее. На левобережной части пойменные массивы и острова используются



как сенокосы. Часто происходят степные пожары. На о. Большом Уссурийском действует польдер, а также садово-огородные товарищества. Правобережная пойма (со стороны Китая) освоена значительно больше. В последние годы на пойме и на прилегающей территории по всему правобережью наблюдается расширение сельскохозяйственного освоения: увеличиваются площади пахотных земель, пастбищ. Участками распаханы даже сравнительно молодые невысокие пойменные массивы. По сравнению с началом 90-х годов наметилась тенденция к переводу угодий, ранее использовавшихся в качестве пастбищ, в пахотные земли. Увеличились площади раскорчевок, и расширилось распахивание склоновых земель. Сельскохозяйственное производство вводится с широким использованием химических средств защиты полей от вредителей и сорных растений. Кроме того, на берегу встречаются предприятия деревообрабатывающей промышленности (рис.97).



**Рисунок 97. Предприятие деревообрабатывающей промышленности в р-не г.Фуюань**

В целом для целей лесного и сельскохозяйственного производства, развития поселений промышленной, транспортной и рекреационной инфраструктуры используется сравнительно малая часть российской территории амурского бассейна. Большую антропогенную нагрузку испытывают земли на противоположной китайской части бассейна.



На Среднем Амуре дополнительным фактором увеличивающим уровень геоэкологической опасности являются пожары как антропогенного, так и природного происхождения.

Высокая степень хозяйственного освоения характерна на берегах р.Уссури и р.Сунгачи в пределах Приханкайской и Нижнеуссурийской низменностей. В бассейне р. Уссури большая часть земель также используется в лесном и сельском хозяйствах, наиболее интенсивно подвержены антропогенной нагрузке 150 тыс. га. Границы водоохранных зон для р. Уссури определены, но не закреплены на местности [ФСГС; О состоянии использовании земель в Приморском крае..., 2012]. Тенденция более активного освоения пойменных земель на китайском берегу также сохраняется. В настоящее время российский берег практически не освоен.

В пределах Приханкайской низменности, где протекает р.Сунгача, хозяйственная деятельность активно развивалась на этих территориях в 60–80 годы XX века. В основном на территории проводилось масштабное производство риса, при выращивании которого использовалось большое количество пестицидов и химических удобрений, загрязняющих почвы и воды бассейна. Кроме того, проводились мероприятия по осушению обширных заболоченных участков, вырубка леса в верховьях рек, строительство каналов (рис.98), изменяющих водный режим рек.



**Рисунок 98. Искусственный водный канал в пределах Ханкайской низменности (фото Е.К. Губарева, 2014г.)**

К 1992 году территория Приханкайской низменности характеризовалась наивысшим уровнем геоэкологической опасности. В результате хозяйственной деятельности здесь сократились площади уникальных водно-болотных ландшафтов, сократилась продуктивность краснокнижных растений, животных и птиц. В настоящее время в долина реки Сунгачи и части р.Уссури включены в состав российского природного заповедника «Ханкайский» и китайского заказника «Синкай-Ху». В результате природоохранной деятельности заповедника и резкого сокращения рисосеяния, а также сокращение объемов промышленного стока, улучшилось геоэкологическое состояние рек. Сейчас из факторов, увеличивающих степень геоэкологической опасности воздействия хозяйственной деятельности, остаются: увеличение объемов рисосеяния с применением различных удобрений в пределах китайского берега, регулирование водного режима притоков, протекающих на территории Китая, пожары (рис.99), браконьерство.



**Рисунок 99. Пожары на берегах рек Сунгачи и Уссури (фото Google Earth)**

Несмотря на произошедшие антропогенные изменения, при сохранении в основных чертах естественно исторически сложившихся режимов стока воды и наносов, растительный покров поймы может быть восстановлен на большей части пойм пограничных рек бассейна Амура. При снижении количества пожаров может произойти увеличение лесистости поймы. За счет естественного залужения заброшенных пашен может произойти увеличение площадей луговой растительности.

На участках, где произошли необратимые трансформации, прежде всего ниже устья р. Зея, пойменный комплекс претерпит изменения в соответствии с новыми режимами стока. Здесь можно предположить некоторое уменьшение площади поймы за счет перехода участков высокой поймы в разряд надпойменной террасы. Можно также предположить осушение ряда массивов заболоченной поймы в районе ниже устья р. Зеи из-за уменьшения обводненности поймы при весенних и летне-осенних паводках.

В результате анализа действующих антропогенных опасностей были определены критерии оценки антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей на пограничных реках бассейна Амура и соответственно уровень их воздействия на геоэкологическое состояние исследуемой территории (таблица 15).

**Таблица 15. Критерии оценки антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей  
на пограничных реках бассейна Амура**

<b>Уровень опасности</b>	<b>Баллы</b>	<b>Последствия воздействия на ПРК рек</b>	<b>Ожидаемые негативные последствия для инфраструктуры</b>
опасный	3	Изменение факторов русловых и пойменных процессов на региональном уровне, приводящие к нарушению ПРК, на естественное функционирование которых требуются десятки лет.	Разрушение причалов, набережных, подмыв мостовых переходов и др. коммуникаций на больших площадях. Сокращение с/х угодий. Ухудшение условий судоходства. Частое изменение мест опасных проявлений.
умеренно-опасный	2	Изменение морфологии русла и поймы на местном уровне, на восстановление естественного функционирования которых требуется более 2 лет.	Разрушение строений на берегах, периодический выход из строя водозаборов и подмывы мостовых опор. Локальное осложнение условий судоходства. Местное сокращение прибрежных с/х угодий, приуроченность мест опасных проявлений к определенным формам русла.
Малоопасный	1	Локальные редкие изменения морфологии русла и поймы, на восстановление естественного функционирования которых при этом затрачивается незначительное количество времени (1-2 года).	Отдельные перекаты, осложняющие судоходство; возможное занесение подходов к причалам и портам, водозаборов. Локальные нарушения прибрежных с/х угодий.
Отсутствует или незначительный	0	Местное воздействие на русло реки и локальные редкие нарушения пойменных ландшафтов (обмеление отдельных перекатов и подходов к причалам, незначительные участки размыва и оползания речных берегов).	Эпизодическое обмеление отдельных перекатов и подходов к причалам.

### **4.3. Геополитические аспекты геоэкологического состояния пограничных рек бассейна Амура**

Оценка геоэкологического состояния р. Амура учитывала расположение бассейна реки на границе между двумя государствами – Россией и Китаем, что составляет специфику «амурской» геоэкологической опасности. Ранее пограничный аспект экологических опасностей рассматривался только с точки зрения политических проблем, таких как: ухудшение состояния водных ресурсов реки и ограничение или затруднение их использования и др. Этот аспект обостряет также и природные опасности, возникающие в бассейне реки, так как любое антропогенное вмешательство одного из государств в функционирование речной системы без согласования действий с пограничным государством может повлечь за собой катастрофические последствия.

Реки испокон веков использовались в качестве естественной границы между смежными землями. И в настоящее время по рекам проводят как внутригосударственное административное деление, так и демаркацию государственной границы с соседними государствами. Таким образом территория бассейна реки располагается в зоне соприкосновения экономических, военных, а также идеологических интересов двух, а нередко и более, государств. На сегодняшний день более 260 всемирно известных крупных рек относятся к категории пограничных, к ним относятся: Колорадо, Парана, Нигер, Нил, Иордан, Цетина, Дунай, Рейн, Амударья, Меконг, Ялуцзян, Амур и многие другие. Более 40% мирового населения проживают в пределах этих речных бассейнов [Ralf M. Bertenburg, 2001].

Пограничные реки могут нести в себе источники потенциальных конфликтов, т.е. на таких реках могут возникать ситуации столкновения интересов двух и более государств в связи с использованием ресурсов, разграничением территории и некоторых других аспектов. Подобной нестабильной ситуации в отношении водных ресурсов подвержены районы, где несколько

государств используют один источник воды, отмечается повышенный уровень водопотребления, и в первую очередь районы, характеризующиеся засушливыми климатическими условиями и нестабильным развитием речного русла. Развитие конфликтной ситуации на реках также может быть вызвано: отсутствием надлежащего управления водными ресурсами, неэффективным водопользованием, интенсивным орошением и использованием устаревших оросительных технологий, водопроводных сетей с большими водными потерями, сбросом сточных вод и загрязнением источников воды, выращиванием растительных культур с большим водовмещением, недостатком сотрудничества между пограничными государствами, отсутствием единых норм по оценке качества воды и некоторыми другими факторами. Наибольшее количество районов с высоким конфликтным потенциалом расположены в Африке и Азии, но есть и в других регионах мира [Ju'ub, 2003; Dombrowsky, 2001]. Каждый такой район характеризуется своими причинами, историей развития, условиями, проблемами возникновения и развития конфликтов.

Кроме того, естественные природные изменения положения русла рек влияет на непостоянство проведённой по ним границы между государствами. Проблема проведения границ по водотоку заключается в противоречии между «разделяющей способностью реки» и её географическими проявлениями; сложившимся национальным восприятием речной границы и реки народами, проживающими на её берегах, что отражается на определённом характере использования её ресурсов, а также политической и экономической обстановкой в отдельных пограничных государствах [Haushofer, 1939].

Существует множество договоров в отношении различных видов совместного использования пограничных рек, заключены более трехсот специальных международных соглашений, договоров и конвенций между прибрежными государствами по вопросам делимитации границ, судоходства, охраны вод от загрязнений, обеспечению мира и безопасности. Однако



ввиду увеличения конфликтов на пограничных реках между государствами, возникает проблема пересмотра теоретических и практических основ выработки международно-правовых гарантий по данному спектру геополитических вопросов по рекам, а также рационального природопользования территории пограничного бассейна.

Территория бассейна реки Амур расположена в зоне соприкосновения экономических, военных и идеологических интересов двух стран – Российской Федерации и Китайской Народной Республики. На этапе активного экономического и социального развития стран возникает повышенный спрос на разнообразные ресурсы, в том числе и ресурсы рек [Губарева, 2012].

Пограничный аспект природных и природно-антропогенных опасностей, возникающих в бассейне Амура, определяет специфику оценки геоэкологического состояния ПРК этой речной системы. В настоящее время одной из основных опасностей пограничного положения бассейна Амура является диспропорция развития хозяйства на речных берегах – увеличение водоемких производств, осуществление проектов переброски части стока амурских притоков в вододефицитные районы, загрязнение вод промышленными стоками, что в итоге приводит к ухудшению состояния водных ресурсов реки и ограничение или затруднение их использования в связи с несогласованными действиями руководства двух стран [Подольский и др., 2006; Махинов, Лю Шугуан, 2013]. Это может привести к возникновению не только экологических, экономических и социальных опасностей, но и может привести к вооруженным конфликтам. Таким образом, одной из важнейших задач для российских и китайских специалистов остается вопрос взаимовыгодного планирования комплексного использования р.Амура без ущерба для геоэкологического состояния региона.

Динамичная среда взаимодействия речного потока и русла, в своем развитии не учитывающая международные договоренности, нередко со-

здает на участках интенсивных русловых переформирований очаги политической межгосударственной напряженности, вызванные образованием спорных территорий вследствие изменения положения русла и фарватера, по которому проводят границу на судоходных реках бассейна [Завадский, 2012]. Подобная ситуация в будущем способствует возобновлению территориальных претензии стран.

В результате геополитический аспект вносит в оценку геоэкологических опасностей на пограничном участке речного бассейна дополнительную нагрузку, которая может быть оценена также в баллах:

0 баллов – происходящие в ПРК изменения не затрагивают геополитических вопросов, а они в свою очередь не вносят дополнительной нагрузки;

1 балл – изменения в морфологии и динамике ПРК происходят равнозначно на правом и левом берегах реки, в том числе перемещение русловых форм (островов и пойменных массивов), а геополитические вопросы не возникают, но могут возникнуть в будущем;

2 балла – изменения в морфологии и динамике ПРК, а возникающие геополитические вопросы не приводят к возникновению спорных и конфликтных ситуаций;

3 балла – изменения в морфологии и динамике ПРК приводят к геополитическим конфликтам, в свою очередь несогласованные действия обоих государств могут также привести к возникновению конфликтных вопросов относительно распределения и использования ресурсов рек.

При внесении дополнительных баллов в оценку геоэкологического состояния пограничных рек бассейна Амура важно учитывать, что с баллами и критериями общей оценки геоэкологических опасностей как природного, так и геоэкологического происхождения, они несопоставимы. Геополитика в данном случае выступает не как отдельный вид опасности, а как фактор, усиливающий имеющиеся или потенциально возможные геоэкологические опасности.

В связи с вышеизложенным, понимание происходящих на пограничных реках закономерностей развития русла, научно обоснованное управление русловыми процессами – это не только предотвращение их неблагоприятного воздействия на объекты хозяйственной и коммунальной инфраструктуры, но и метод отстаивания государственных интересов, направленный на предотвращение территориальных потерь.

#### **4.3.1. История пограничных взаимоотношений между Россией и Китаем**

В сфере российско-китайских взаимоотношениях до последнего времени не были разрешены проблемы неурегулированных территориальных границ, а потенциальные опасности заключаются в остающихся пока нестабильными взглядах на некоторые, в основном островные территории, принадлежащие российской или китайской стороне.

Для понимания территориальной проблемы между Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой необходимо рассмотреть основные этапы развития взаимоотношений между странами по территориально-пограничным вопросам в XVII–XXI веках.

Заселение русскими людьми Приамурья началось в 40-е годы XVII века. Официальным документом разграничения территории бассейна реки стал в это время Нерчинский договор, подписанный в 1689 году. По этому договору Россия была вынуждена отдать обширную хорошо освоенную территорию Приамурья на левом и правом берегах в среднем и нижнем течении Амура (рис.100). Граничная линия была очень неопределенной в связи с тем, что географическими ориентирами служили реки с изменчивым руслом и горы с неточными названиями или без них. Кроме того, после подписания Нерчинского договора демаркация границы проведена не была и не составлялась карта граничной линии, а экземпляры договоров не были идентичными и их положения не получили юридического закрепления с международно-правовой точки зрения. В 1727 году между Россией и Цинской импе-

рией (ныне Китай) был подписан Кяхтинский трактат, который служил правовой основой взаимоотношений между государствами по дипломатическим и экономическим делам до середины XIX века. В дальнейшем его положения по взаимному согласию уточнялись и заменялись в XVIII – XX веках дополнительными соглашениями к трактату [Ткаченко, 2010].



Рисунок 100. Границы России и Китая по договорам с 1689 по 2004 годы

В середине XIX века в результате подписания Айгуньского договора в 1858 году был поставлен вопрос о возвращении России левобережья верхнего и среднего течения реки Амур [141]. В дополнение к Айгуньскому договору был подписан Тяньцзиньский трактат, определявший условия политических взаимоотношений между Россией и Китаем и устанавливавший положение о безотлагательном исследовании неопределенной части границ. Так в 1859 году была проведена экспедиция подполковника К. Будогосского и произведена топографическая съемка местности, описание рек, озер, хребтов и береговой черты от устья реки Уссури до залива Посъета [Ткаченко, 2010].

2 ноября 1860 года был подписан Пекинский дополнительный договор об определении русско-китайских границ на востоке и частично на западе, порядке дипломатических и торговых взаимоотношений. Восточная граница между двумя государствами устанавливалась с соблюдением всех необходимых условий международно-правовых и дипломатических условий и определялась от слияния рек Шилки и Аргуни, далее вниз по течению реки Амура до места слияния последней с рекой Уссури, далее от устья р. Уссури по рекам Уссури и Сунгаче. Далее граница была установлена по озеру Ханка, устью реки Беленхэ, по горному хребту и до реки Тумыньцзян, где она смыкается с русско-корейской границей. Земли, лежащие на левом берегу Амура принадлежат России, а на правом – Китаю, далее от устья р. Уссури до оз. Ханка земли, лежащие на правом (восточном) берегу рек Уссури и Сунгачи принадлежат России, на левом (западном) – Китаю. Граница была обозначена на карте (см. рис. 100), приложенной к Пекинскому договору. Вследствие договора, ранее остававшаяся не разграниченной территория Уссурийского края (часть Хабаровского края южнее р. Амура и весь Приморский край) полностью отошли к России [Чистяков, 2009; 143].

В первые годы после Октябрьской революции 1917 года в развитии советско-китайских отношений между двумя странами не возникало каких-

либо межгосударственных разногласий по территориальным вопросам. Советско-китайские переговоры по вопросам общих принципов для урегулирования вопросов между странами в итоге привели к решению, что прежние договоры по территориально-пограничным вопросам сохраняют полную юридическую силу, и в дальнейшем будет проведено только уточнение положения границы. Однако в 1929 году, в результате смены власти в Китае на враждебно настроенное к СССР, между странами возник вооруженный конфликт в результате захвата Китайской Восточной железной дороги китайскими военными силами, и дипломатические отношения были прерваны [Чистяков, 2009].

В течение довоенного периода отношения между Китаем и Россией носили военно-политический характер. Кроме того, на советско-китайской границе в 30-е годы начали происходить вооруженные провокации Японии, оккупировавшей эту территорию. Только после провозглашения 1 октября 1949 года Китайской Народной Республики отношения на советско-китайской границе наладились, а в 1950 году между СССР и КНР был заключен «Договор о дружбе, союзе и взаимопомощи».

Добрососедское положение на границе двух стран резко изменилось в начале 60-х годов. Руководство КНР выдвинуло к СССР территориальные претензии, в том числе и на восточной части государственной границы – на острова на пограничных реках Аргуни, Амуре, Уссури и на отдельные районы левобережья Аргуни и Амура, а также правобережья Уссури, что составляло около 1 тыс. км<sup>2</sup> принадлежащей СССР территории [Мясников, 2014]. Переговоры по пограничным вопросам между Советским Союзом и КНР начались в Пекине в феврале 1964 года и проводились с тридцатилетними перерывами. В этот период Н.С. Хрущев впервые выдвинул предложение о прохождении границы посередине реки, что соответствовало международной практике, хотя это и означало потерю контроля над большим количеством островов. КНР потребовал предоставить право свободного плавания по Амуру в районе Хабаровска. Стороны к согласию в 60-е –70-е



годы не пришли, а граница в течение этого времени оставалась неизменной [Ткаченко, 2010].

В результате усиления «культурной революции» и антисоветских настроений в Китае в марте 1969 года по инициативе китайской стороны близ города Иман в районе острова Даманский и на острове Гольдинский произошел серьезный пограничный вооруженный конфликт, что привело к возникновению на российско-китайской границе точек столкновения вооруженных сил двух стран. Решение о прекращении конфликтов и начале консультации по пограничным вопросам было утверждено на встрече представителей двух государств в Пекине в 1969 году. Переговоры происходили с октября 1969 по июнь 1978 года, но вопрос о границе между странами урегулирован не был [Ткаченко, 2010; Michael S. Gerson и др., 2010].

В 1982 году советско-китайские политические консультации возобновились, а начавшиеся в 1987 году переговоры по пограничным вопросам завершились 16 мая 1991 года подписанием «Соглашения между СССР и КНР о советско-китайской государственной границе на ее восточной части»; через три года было принято соглашение о западной части государственной границы [Мясников, 2014]. По данным соглашения граница на ее восточной части проходит по рекам Аргунь, Амур, Уссури, Сунгаче, озеру Ханка и по суше в Забайкальском и Приморском краях (см. рис. 100). Демаркационные работы, а также гидрографические измерения на пограничных реках для определения прохождения главного фарватера (особенно на островных участках) были проведены с 1993 – 1998 годы. В ходе демаркационных работ возникли споры в районах Приморского края: Ханкайском, Уссурийском и Хасанском, поскольку администрация края отказалась передать территории в указанных районах [Ткаченко, 2010]. Главным нерешенным вопросом была территориальная принадлежность островов на пограничных реках, в особенности островов Тарабаров и Большой Уссурийский близ Хабаровска и острова Большой в верховьях реки Аргунь.

Протоколы описания линии российско-китайской государственной границы на её западных и восточных частях, а также соответствующие карты были подписаны в Пекине в 1999 году и вступили в силу с 19 января 2000 года после обмена нотами между Министерствами иностранных дел государств.

В марте 2001 года состоялся очередной этап экспертных переговоров, на которых обсуждалось прохождение границы в районе островов Тарабаров и Большой Уссурийский. По итогам переговоров президент Российской Федерации В.В. Путин и Председатель Китайской Народной Республики Цзян Цзэминь подписали Московское совместное заявление, в котором обязались ускорить выработку «оптимального взаимоприемлемого решения по несогласованным участкам границы между государствами» [Паламарь, 2008].

В итоге 14 октября 2004 года Россия и Китай подписали в Пекине соглашение о полной делимитации российско-китайской границы на всем её протяжении. Таким образом, была уточнена линия государственной границы на двух ранее несогласованных участках. Документ предусматривал, что на судоходных реках линия российско-китайской межгосударственной границы проходит посередине главного фарватера реки, на несудоходных реках – посередине реки или посередине её главного рукава. В качестве критерия для определения главного фарватера была принята его глубина в комплексе с шириной и радиусом закругления, для главного рукава реки – расход воды при её среднем уровне. В результате подписания соглашения Китайской стороне были переданы острова Большой, Тарабаров и часть острова Большой Уссурийский близ Хабаровска, занимающие около 2 % всей протяженности российско-китайской границы. Дополнительное соглашение было ратифицировано и вступило в силу в 2005 году [141].

На сегодняшний день сотрудничество между Российской Федерацией и КНР находятся на самом высоком уровне в различных отраслях хозяйства

и сферах жизни. Однако до сих пор имеющиеся соглашения в области использования ресурсов в пограничной части недостаточно. К наиболее крупным документам по регулированию деятельности обеих стран в сфере управления и использования природных ресурсов можно отнести: Совместную Российско-Китайскую комиссию по рациональному использованию и охране трансграничных вод (2008 г.), соглашение о взаимобмене гидрологических и метеорологических данными между Росгидрометом (ранее Госкомгидрометом СССР) и Министерством водного хозяйства КНР (1986 г.), Рамсарская конвенция о водно-болотных угодьях (2008 г.), соглашение о создании трансграничной сети ООПТ в бассейне Амура (2011 г.) а также Шанхайские соглашения (2014 г.).

В соответствии с данными соглашениями, Россия и Китай сотрудничают в области гидрологии, предупреждения и сокращения последствий паводков на трансграничных водах, осуществляют совместную деятельность по предупреждению чрезвычайных ситуаций и реагированию на них. Однако несмотря на эти договоренности, существует ряд проблем при взаимодействии и планировании деятельности на трансграничных водных объектах. Одной из таких причин является плохая оснащенность гидропостами на протяжении большей части рек в бассейне Амура, отсутствие ежегодных мониторингов состояния водных объектов. Кроме того, обмен гидрометеорологическими данными происходит только в летне-осенний период, что недостаточно для анализа и прогнозирования развития водных объектов. Обе страны не обсуждают проблемы создания гидротехнических объектов и проведения каких-либо гидротехнических и хозяйственных работ с учетом их отражения на противоположный берег [142; Завадский, 2012].

#### **4.3.2. Спорные территории на пограничном участке рек бассейна Амура**

В соответствии с положениями, принятыми в практике межгосударственных соглашений, российско-китайская государственная граница при

прохождении ее по реке демаркируется посередине фарватера, если река является судоходной, или посередине ее главного рукава (рукава, в котором сосредоточен наибольший расход воды). Несмотря на согласованное положение в статье «Соглашения между Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой о российско-китайской государственной границе на ее восточной части» [142] о том, что естественные изменения русла реки на пограничном участке не изменяют демаркационную линию границы и соответственно принадлежности островов. Но оговорено, что принадлежность последних при их перемещении или возникновении новых на линии границы будет определена с помощью дополнительных согласований между государствами. Как для российской, так и для китайской стороны выгодно считать основным фарватером течение, наиболее удаленное от своего берега, потому что граница, проведенная по ближайшему к противоположному берегу течению, позволяет брать под свою юрисдикцию отмели и острова, возникающие посередине реки.

В результате картографического анализа карт было определено, что в пределах пограничной части р. Амура расположено более 1200 островов, из которых 251 являются спорными, России принадлежит 587 островов, Китаю 647 островов; из них спорными являются 156 (таблица 16).

**Таблица 16. Число островных групп в пограничной части реки Амур**

Административное подчинение		Общее количество островов	Владеет Россия	Владеет Китай	Спорные
России	Китай				
Хабаровский край	Тунцзян	37	30	2	5
ЕАО	Суйбинь	55	24	17	14
	Лобэй	26	7	2	17
Амурская область	Цзяинь	204	55	145	4
	Сюнькэ	733	393	322	18
	Суньбу/Хэйхэ	40	10	9	21
	Хума	59	19	16	24
	Тахэ	38	11	7	20
	Мохэ	33	8	6	19

На пограничной части реки Уссури находится большое количество мелких групп островов. На участке реки, относящемся к уезду Хулинь, находится всего 59 островов, их них китайской стороне принадлежат 35, а российской – 24; в уезде Жаохэ всего 42 острова, из них 26 – китайские, 16 – российские; в уезде (городском округе Фуяюнь) общее количество островов неизвестно, однако ясно, что китайской стороне принадлежит 21 остров (таблица 17). Некоторые из этих островов маленькие, их площадь не превышает 0,002 км<sup>2</sup>, а некоторые превышают 10 км<sup>2</sup>, кроме того большая часть островов находится под водой. Примерами таких островов могут служить: остров Сяодао и крупный остров Даситундао (17 км<sup>2</sup>) в Жаохэ.

**Таблица 17. Число островных групп в бассейне реки Уссури**

Административное подчинение		Общее количество островов	Владеет Китай	Владеет Россия	Спорные
России	Китая				
Приморский край	Хулинь	59	6	24	29
	Жаохэ	42	16	16	10
	Фуяюнь	46	13	25	8

В уезде Хулинь из 59 островов 29 островов являются спорными территориями, на которые заявляет свои права китайская сторона. В этом районе расположен остров Даманский (Чжэнбаодао), который до 1997 года являлся спорной территорией, хотя до сих пор среди учёных и политиков возникают разногласия по данному вопросу.

В уезде Жаохэ из 42 островов спорными являются 10. Важно отметить, что среди островов в этом уезде есть острова, ранее принадлежавшие Китаю, но затем утерянные, а также те, на которые китайская сторона предъявляла свои требования России. Например, один из крупных островов Кутузов (Даситундао) в прошлом принадлежал Китаю, однако в период японской оккупации он перешёл под контроль СССР и остаётся под властью России и сейчас. С другой стороны, есть острова, которые Россия отдала Китаю и без территориальных претензий последнего.

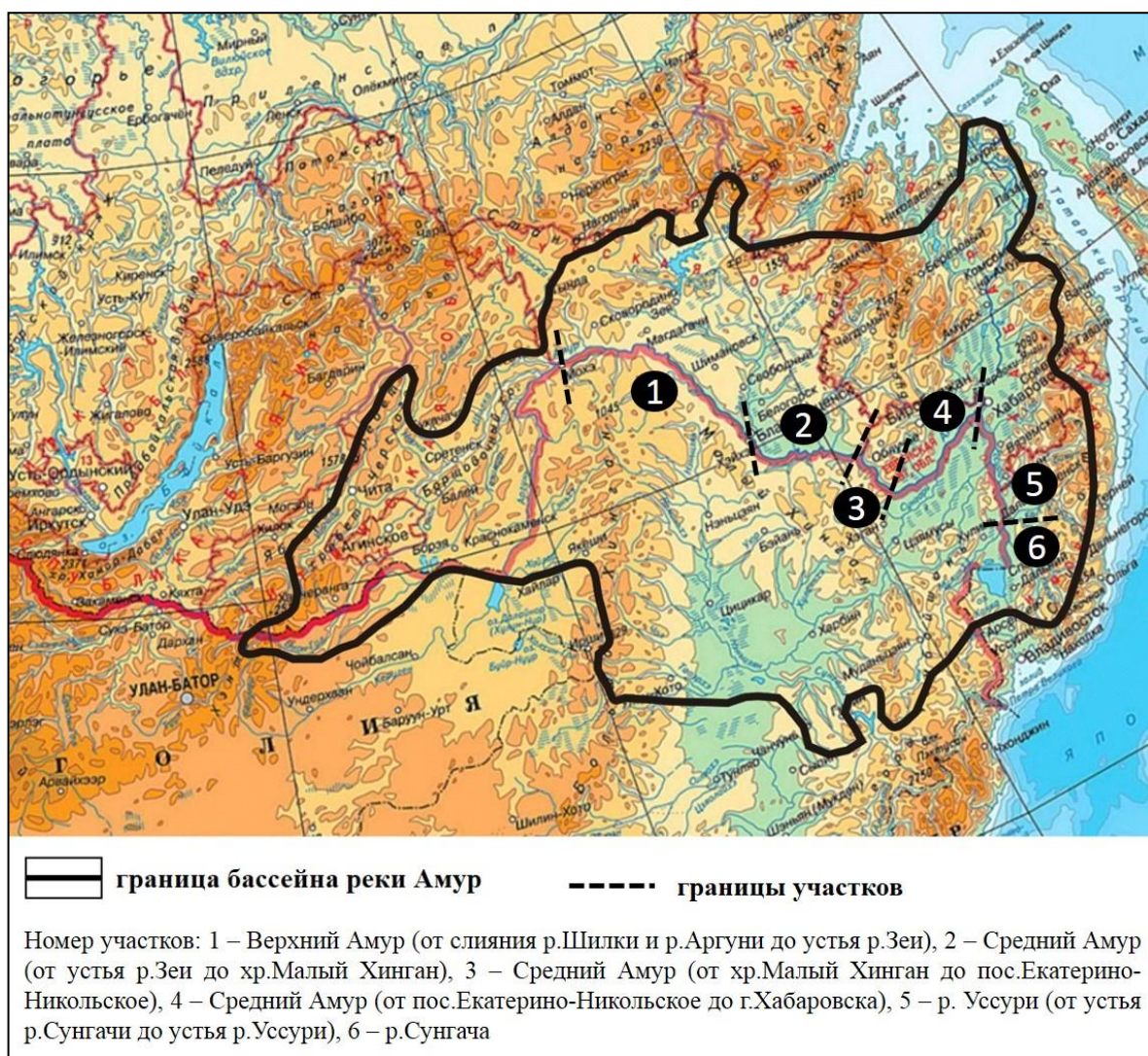
В уезде Фуюань из-за недостатка данных ситуация остается неясной, однако из 21 острова, находящегося под фактическим контролем Китая, 8 островов являются спорными территориями. В этом уезде к островам, которыми владеет российская сторона и это право признаёт за ней Китай, можно отнести около 25. Гряда малых островов на р. Уссури — Степановский (Вэйцзыгоудао), Зарубинский (Далидао), Максун (Далэнбаньдао). Сторожевой (Туаньшаньцзыдао), площадь которых составляет от 0,2 до 3,6 км<sup>2</sup>, являлись спорными территориями. Из них китайская сторона, по ее утверждению, фактически владела двумя – Кирикинским и Максун. Остров Кирикинский с 1967–1968 года стал местом противостояния двух стран, которое можно было бы назвать предвестником конфликта на о. Даманском. На остров Максун российская сторона упорно отстаивала свои права, и китайцы не стали его занимать. Вниз по течению р. Уссури имеется и много других спорных островов: Утиный (Мачандао), Файнгов (Синьсиндундао) и Шереметьевский (Дапаоцзыдао).

В 2004 году между Россией и Китаем подписано соглашение о российско-китайской государственной границе на ее восточной части. В результате подписания данного документа в районе острова Большой в верховьях реки Аргунь (Читинская область) и в районе островов Тарабаров и Большой Уссурийский при слиянии рек Амура и Уссури вблизи Хабаровска было пересмотрено положение государственной границы. Так, о. Тарабаров был полностью отдан Китаю, а также отдана часть о. Большой Уссурийский, площадь которого равна более 300 км<sup>2</sup>.

#### **4.4. Геоэкологическая оценка состояния ПРК пограничных рек бассейна Амура**

Для проведения оценки состояния ПРК, пограничная часть бассейна Амура была разделена на относительно однородные участки с учетом преобладающего типа ПРК и степени их устойчивости (рис.101).





**Рисунок 101. Участки реки, в пределах которых была проведена оценка природных и антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей на пограничных реках бассейна Амура**

На каждом из выделенных участков были определены действующие геоэкологические опасности и проведены измерения уровня их влияния по различным критериям, определяющим каждый отдельный вид опасности. В результате проведенного анализа, используя формулу 1 (см. п.1.2.2), была проведена балльная оценка общего уровня природной геоэкологической опасности на выделенных участках (таблица 18) [Чернов, Губарева, 2018].

**Таблица 18. Оценка опасности природных геоэкологических опасностей на выделенных участках пограничных рек бассейна Амура**

№	Участок	Уровень опасности	Степень природной геоэкологической опасности
1.	Верхний Амур (от слияния р.Шилки и р.Аргуни до устья р.Зеи)	1	незначительная
2.	Средний Амур (от устья р.Зеи до хр.Малый Хинган)	4	опасная
3.	Средний Амур (от устья р. Хинган до пос.Екатерино-Никольское)	1	незначительная
4.	Средний Амур (от пос.Екатерино-Никольское до устья р.Уссури)	4	опасная
5.	р. Уссури (от устья р.Уссури до устья р.Сунгачи)	3	умеренноопасная
6.	р.Сунгача	2	малоопасная

В таблице прослеживается следующая тенденция: участки рек с опасным уровнем природной геоэкологической опасности (4 балла) являются слабоустойчивыми (2 балла) и характеризуются высокими скоростями периодичности русловых деформаций (годы) и смещения русловых форм, большими скоростями размыва берегов (до 15 м/год и выше), максимальной протяженностью участков размыва (30–60 % от длины участка), уровень затопления поймы во время паводков превышает уровень высокой поймы, а длительность затопления поймы более 60 дней. Участки рек с умеренным уровнем природной геоэкологической опасности (3 балла) обладают средним уровнем устойчивости (4 – относительно устойчивые, 3 – среднеустойчивые), на них отмечаются скорости размыва берегов и смещения форм руслового рельефа от 5–10 м/год, которые происходят постепенно в течении нескольких десятков лет, длина размыва берегов составляет от 10–20 %, уровень затопления поймы не превышает уровень высокой поймы, а длительность затопления при этом может достигать 20 в некоторые годы 30 дней. Наоборот, на участках рек с незначительным или малоопасным уровнем природной геоэкологической опасности (1–2 балла) отмечается высокая устойчивость ПРК (5 баллов) и периодичность возможных горизонтальных

руслowych деформаций, которые могут происходить в течение сотен лет, скорости размыва берегов не превышают 5 м/год, характерна также незначительная длина участков размыва (менее 5%), уровень затопления не превышает уровня высокой поймы, а длительность затопления поймы менее 30 дней.

Комплексная оценка уровня антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей в пограничной части бассейна Амура проводилась в результате сравнения различных видов опасностей, уровень воздействия каждого из которых сначала был оценен экспертно и сопоставлен между собой. Затем на каждом выделенном участке выявлен уровень общей геоэкологической опасности в результате воздействия каждого антропогенного фактора (таблица 19) [Чернов, Губарева, 2018].

**Таблица 19. Уровень антропогенно обусловленной геоэкологической опасности на выделенных участках пограничных рек бассейна Амура**

Номер участка	1	2	3	4	5	6
Фактор воздействия	Баллы					
гидротехническое строительство	-	1	-	-	1	-
дноуглубительные и выправительные работы в русле	-	2	1	3	2	-
берегоукрепительные работы	1	3	1	3	2	1
разработка карьеров по добыче стройматериалов	-	2	1	3	1	-
водозабор	1	2	1	1	2	-
водоотведение сточных вод	1	4	1	4	3	2
строительство инженерных объектов на пойме	1	3	2	3	2	1
хозяйственное освоение поймы	1	4	1	2	4	3
<b>Итоговый балл</b>	1	3	1	3	2	2

Таким образом, наибольшая степень воздействия на пойменно-русловые комплексы рек оказывает строительство и функционирование таких гидротехнических сооружений как гидроэлектростанции, плотины и водохранилища. На реках бассейна Амура эта опасностей оценивается от 1 до 4 баллов в зависимости от их мощности и местонахождения в пределах ПРК. Например, гидротехнические сооружения, маленькой мощности или расположенные на устойчивых участках реки оказывают меньший уровень воз-

действия на ПРК, в отличие от крупных сооружений, возведенных на слабоустойчивых участках реки. На исследуемой части амурского бассейна действующих или строящихся гидроэлектростанций и крупных гидроузлов нет, но проект их строительства и введения в эксплуатацию в ближайшем будущем существует. Меньшее воздействие на ПРК рек оказывают дноуглубительные и выправительные работы в русле, разработка карьеров по добыче стройматериалов, берегоукрепительные работы, искусственное обвалование русла и хозяйственное освоение поймы. В исследуемой части амурского бассейна уровень антропогенной геоэкологической опасности, связанный с этими процессами, изменяется от 1 до 4 баллов.

Локальное и незначительное воздействие на ПРК исследуемых рек бассейна Амура оказывает строительство и функционирование водозаборных сооружений и инженерных береговых объектов (мостов, подводных переходов, путепроводов, причалов и пр.), степень воздействия которых здесь оцениваются от 1 до 3 баллов.

Верхнее течение Амура (от слияния рек Шилки и Аргуни до устья р.Зеи) характеризуется незначительным уровнем (1 балл) антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей или их отсутствием.

Для участка в среднем течении Амура (от хр. Малый Хинган до пос. Екатерино-Никольское) и на всем своем протяжении р.Сунгачи характерен малоопасный уровень (2 балла) воздействия антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей.

Умеренно-опасным уровнем (3 балла) антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей оцениваются участки в среднем течении Амура (от устья р.Зеи до хр.Малый Хинган; от пос.Екатерино-Никольское до г.Хабаровска) и пограничный участок р.Уссури (от устья р.Сунгачи до устья р.Уссури). Только по отдельным видам антропогенных факторов (водоотведение сточных вод и хозяйственное освоение поймы) на участках Среднего Амура достигает опасного уровня.

Заключительным этапом оценки геоэкологического состояния ПРК пограничных рек бассейна Амура стало определение интегрального геоэкологического состояния при помощи формулы 2 (см. п.1.2.2). Анализ условий и факторов, обуславливающих как возникновение геоэкологических опасностей различного происхождения, так и определяющие их отсутствие, а также оценка существующих и потенциальных опасностей в бассейне Амура, показали, что на исследуемом участке бассейна можно выделить территории, характеризующиеся характером геоэкологического состояния, соответствующие определенному уровню баллов:

0 баллам соответствует территория с стабильным геоэкологическим состоянием и отсутствием негативных последствий для человека естественного развития русла или его неизменённостью хозяйственной деятельностью;

1 баллу – территория с умеренно-стабильным геоэкологическим состоянием и практически неизменными ПРК (малоопасной степенью изменений, не оказывающих значительного негативного влияния на прибрежную инфраструктуру или приводящих к незначительным локальным разрушениям отдельных строений и осложнениям на подводных коммуникациях);

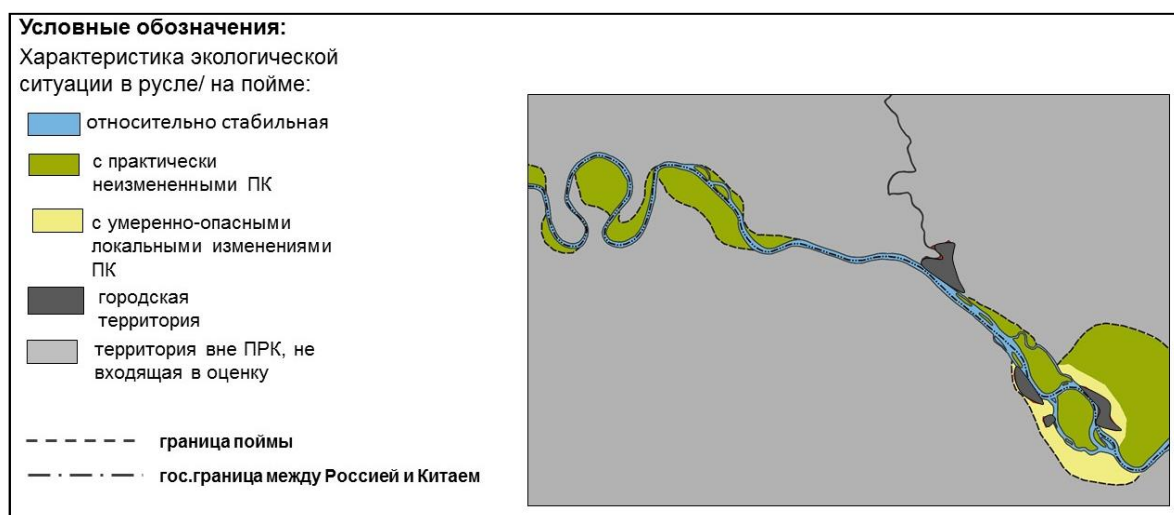
2 баллам – территория с умеренно-напряженным геоэкологическим состоянием и умеренно-опасными изменениями ПРК, которые имеют локальное распространение, а возникающее ухудшение условий проживания населения возможно исправить при соблюдении природоохранных мер;

3 баллам – территория с напряженным геоэкологическим состоянием и опасными изменениями ПРК, которые ухудшают условия проживания населения и являются слабокомпенсируемыми;

4 баллам – территория с кризисным геоэкологическим состоянием и практически полностью измененными ПРК, изменения которых практически не компенсируются, а условия проживания населения становятся опасными.

Территорий с катастрофическим геоэкологическим состоянием (соответствующая 5 баллам) и максимальным проявлением в речной геосистеме или в регионе неблагоприятных изменений и последствий на исследуемом участке бассейна Амура нет.

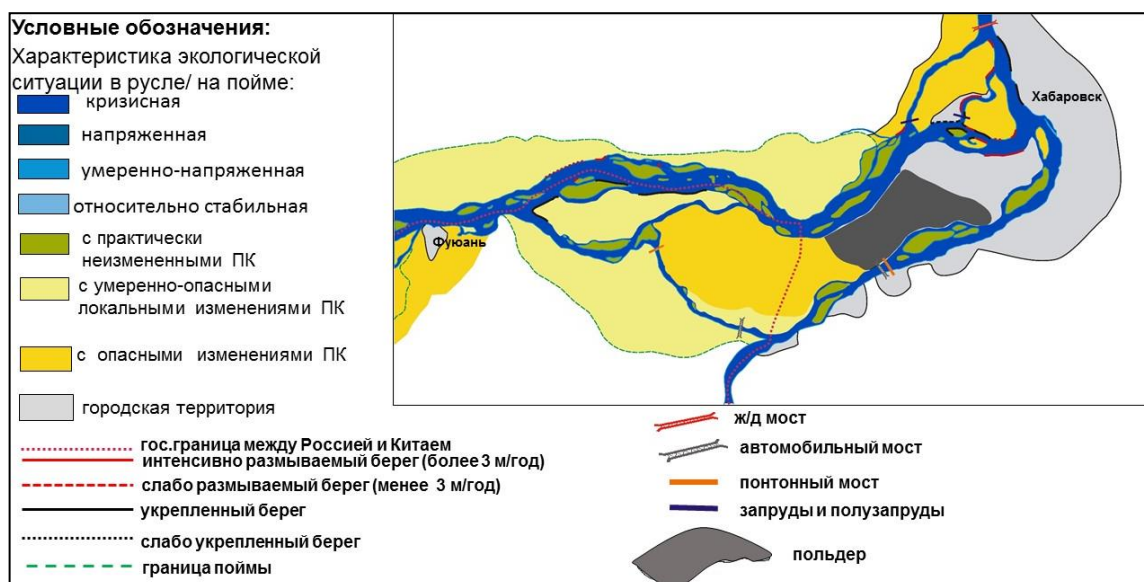
В результате, исследуемый пограничный участок р. Амура можно охарактеризовать как территорию с чередованием стабильного, умеренно-напряженного и напряженного геоэкологического состояния. Так, в верхнем течении реки и на участке в пределах отрогов Малого Хингана отмечается умеренно-стабильное геоэкологическое состояние территории, а природные комплексы на фрагментарно развитой пойме, практически, не изменены или изменены в очень малой степени (рис.102).



**Рисунок 102. Участок русла реки Амур в районе впадения р. Большой Невер (составлено автором)**

На равнинных участках геоэкологическое состояние на различных отрезках долин очень разнообразно ввиду большего количества заселенных и освоенных пойменных участков. Здесь встречаются участки как с умеренно-стабильным геоэкологическим состоянием (1 балл) и с практически неизменными ПК, так и с умеренно-напряженным (2 балла) и напряженным (3 балла) геоэкологическим состоянием, умеренно-опасными и опасными изменениями ПК (рис.103).





**Рисунок 103. Участок русла реки Амур в районе г.Хабаровска  
(составлено автором)**

Комплексная оценка геоэкологического состояния ПРК исследуемой территории бассейна Амура была отражена на мелкомасштабной карте «Геоэкологическое состояние ПРК пограничных рек бассейна Амура» (Приложение Б). Для её составления была использована методика специального руслового картографирования, разработанная Р.С. Чаловым и А.В. Черновым [2000а]. В первую очередь способом линейных знаков на карте были отображены условия и факторы геоэкологических опасностей. Затем по уровню геоэкологического состояния фоновым способом закрашены участки пойменно-русловых комплексов рек, что позволяет наглядно проанализировать пространственное распределение территорий с различным уровнем геоэкологической опасности и изменение их качественных показателей. Кроме того, с помощью точечных и линейных условных знаков на выделенных участках рек пограничной части бассейна были отображены потенциальные угрозы природных и антропогенно обусловленных геоэкологических опасностей.

#### **4.5. Рекомендации по предотвращению возникновения геоэкологических опасностей**

В настоящее время оценки региональных географических закономерностей русловых процессов в амурском речном бассейне недостаточны для



разработки научно-обоснованных методов обеспечения гидроэкологической безопасности на приречных территориях в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на пойменно-русловые комплексы. Актуальность проблемы определяется зависимостью руслового режима рек, постоянно происходящих переформирований их русел, от характера и степени освоения водных, земельных и минеральных ресурсов на приречных и водосборных территориях. В связи с этим русловые и пойменные процессы создают потенциальные опасности для инфраструктуры и условий проживания населения, в тоже время антропогенное воздействие освоенных территорий имеют обратное воздействие на русловые и пойменные процессы, активизируя их и увеличивая уровень опасностей и экологической напряженности в геосистеме реки.

Кроме того, большая часть реки Амур и её притоков является границей между двумя государствами, что обуславливает особенности изучения и хозяйственного использования водных ресурсов бассейна. В пределах пограничных речных участков может возникать межгосударственная напряженность и даже политические конфликты, в том числе обусловленные природными преобразованиями. Разрешение подобных конфликтных ситуаций возможно при научно-обоснованном управлении русловыми процессами, которое должно опираться на установленные закономерности развития и прогноза русловых деформаций в условиях естественных изменений природных факторов русловых и пойменных процессов, а также вследствие непосредственного механического воздействия на русла и поймы в результате хозяйственной деятельности человека. Пограничное положение реки обуславливает необходимость налаживания оперативного обмена информацией со специалистами из КНР, своевременного согласования любых хозяйственных мероприятий, разработки схемы комплексного природопользования и охраны ПРК реки Амур с учетом влияния двух частей бассейна одновременно.

Для предотвращения перехода современного состояния пойменно-русловых комплексов р. Амура на пограничном участке к кризисному уровню, необходимо проводить ежегодный мониторинг русловых и пойменных процессов, многолетние крупномасштабные наблюдения за их динамикой, детальную оценку последствий от реализации каких-либо планирующихся проектов освоения ресурсов реки.

Особенно актуальной задача мониторинга геоэкологического состояния ПРК рек бассейна Амура является для многорукавных участков русла на пограничных реках и в окрестностях городов, которые подвержены интенсивной антропогенной нагрузке. На этих участках русло характеризуется неустойчивостью. Увеличение антропогенного воздействия может привести к изменению направленности русловых переформирований, как уже неоднократно случалось в недалеком прошлом. Это обусловит развитие одних рукавов и деградацию других, сопровождающееся с последующими плановыми и вертикальными деформациями. Необходимо разработать программу мониторинга русловых деформаций на участках пойменных расширений в окрестностях крупных населенных пунктов, которая должна включать в себя регулярные гидрологические наблюдения в основных протоках многорукавного русла в различные фазы водного режима реки по специально разработанной программе.

Для обоснования способов, объемов и сроков проведения берегозащитных мероприятий необходимы разработка структуры мониторинга русловых процессов и проведение многолетних крупномасштабных наблюдений за динамикой рукавов и берегов выделенных участков русел рек Амура, Уссури и Сунгачи.

Предварительный перечень необходимых видов работ может быть следующим:

1. Анализ имеющегося картографического материала и оценка на основе его анализа общих тенденций развития русловых деформаций на пограничных реках бассейна Амура;

2. Разработка структуры мониторинга русловых деформаций на исследуемых реках с учетом региональных особенностей проявления эрозионно-аккумулятивных процессов;

3. Осуществление полевых изысканий с проведением комплекса гидрологических и геоморфологических наблюдений и измерений, а именно:

а) измерение глубин по фарватеру и на участках интенсивного размыва берегов (в пределах российской части акватории),

б) измерение скоростей течения у размываемых берегов рек,

в) оценка интенсивности размыва берегов геоморфологическими методами на основе морфологических характеристик поперечного профиля берегов,

г) картирование морфологических типов берегов в пределах участка с качественной характеристикой интенсивности размыва берегов,

д) оценка влияния весеннего ледохода на разрушение береговых уступов рек,

е) характеристика литологического состава отложений в уступах размываемых берегов,

ж) определение гранулометрического состава донных отложений в 2-3 местах на участке,

з) заложение реперов для определения количественной характеристики интенсивности размыва берегов в 4–5 точках на каждом из изучаемых участков,

и) проведение плановой съемки фрагментов участков с наиболее интенсивными размывами берегов,

к) картирование зачаточных и молодых аккумулятивных образований в руслах рек с определением их возраста дендрохронологическим и другими методами.

4. Составление карт современной динамики переформирований русла на исследуемых реках с использованием результатов полевых изысканий.

5. Составление прогноза на ближайшие 5–10 лет развития русловых преобразований на исследуемых реках.

6. Разработка рекомендаций по очередности проведения берегозащитных и иных руслостабилизирующих мероприятий на пограничных реках бассейна Амура, подверженных интенсивным русловым деформациям и возможным перераспределением основного стока в рукава вдоль российского берега.

В результате мониторинга станет возможно решить следующие задачи – получить необходимые надежные данные для оценки современной тенденции развития русловых переформирований на наиболее динамичных и нежелательных для российской стороны пограничных участках рек бассейна Амура, прогнозировать развитие опасных геоэкологических процессов в ПРК данных рек и планировать проведение любых мероприятий в данной части бассейна.

Продолжающееся возрастание антропогенной нагрузки на природную среду в дальнейшем только усилят неоднородности природных процессов и приведут к возрастанию воздействий стихийных природных явлений на условия жизни населения и хозяйственную деятельность.

Разработка рекомендаций по сохранению устойчивости гидротехнических сооружений должна основываться на материалах научных исследований. Необходимо продолжить всесторонний анализ последствий экстремального паводка с целью изучения процессов трансформации наземных и водных экосистем пограничных рек бассейна Амура, разработки теоретических основ функционирования русловых и пойменных экосистем долины реки при катастрофических наводнениях низкой обеспеченности. Эти исследования необходимы для выработки рекомендаций по рациональному и безопасному использованию пойменных и затапливаемых территорий р. Амура и минимизации возможных ущербов.

Исследования должны проводиться на основе использования и разработки новых методик с широким применением математического моделирования, учитывающих также естественные условия формирования наводнения (прежде всего геоморфологическое строение долины Амура и прилегающих территорий, обмен подземных вод с поверхностными водами, регулирующее влияние озер и пойм и некоторые другие аспекты).

Следует особо отметить необходимость комплексного подхода к оценке и анализу последствий катастрофических наводнений на реках бассейна Амура, которые, помимо гидрологических, гидрометеорологических и гидроморфологических изысканий, должны включать широкий спектр гидрохимических, гидрогеологических, экологических, ботанических, зоологических, геоэкологических и других видов исследований. Они должны совмещать натурное изучение состояния природной среды с использованием математических, аналитических, картографических и других методов анализа имеющихся и полученных материалов для обоснования результатов.

Выполнение указанных исследований позволит получить всестороннюю оценку геоэкологического состояния бассейна Амура и выявить закономерности ее дальнейшей трансформации. Оценить природные риски для безопасности проживания и хозяйствования населения Приамурья, уточнить и конкретизировать с учетом местных условий разработанные рекомендации по минимизации ущербов от природных гидрологических явлений катастрофического характера в будущем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе впервые была проведена комплексная оценка геоэкологического состояния пограничных рек бассейна Амура с учетом не только российской части бассейна, но и китайской. При решении данной задачи с учетом различий в схемах изменения их структуры или функционирования, вызванных как природными, так и антропогенно обусловленными факторами, а также с учетом различной степени динамической и экологической устойчивости каждого компонента рек были выявлены различные типы пойменно-русловых комплексов (ПРК), их соотношение на различных относительно однородных в геолого-геоморфологическом плане участках исследуемой части бассейна. Выявлены основные источники антропогенной геоэкологической опасности в пограничной части бассейна Амура, дана оценка их воздействия на те или иные участки реки с различными типами ПРК.

Для оценки уровня геоэкологической опасности пограничной части бассейна Амура была разработана шкала оценки геоэкологической опасности с учетом специфики пограничного положения исследуемой части амурского бассейна, которая может быть использована для разработки научных основ анализа, прогноза и управления русловыми процессами на пограничных реках для предотвращения или снижения экологических, экономических и политических ущербов. Впервые в данной работе пограничное положение рек рассматривалось как фактор геоэкологической опасности. Ранее пограничный аспект экологических опасностей рассматривался только с точки зрения экономических и политических проблем, таких как: ухудшение состояния водных ресурсов реки и ограничение или затруднение их использования, риски военно-стратегических конфликтов и др. Оказалось, что этот аспект обостряет также и природные опасности, возникающие в бассейне реки, так как любое антропогенное вмешательство одного из государств в функционирование речной системы без согласования действий с



пограничным государством может повлечь за собой катастрофические последствия.

Определено, что территорий с катастрофической геоэкологической ситуацией и максимальным проявлением в речной геосистеме или в регионе неблагоприятных изменений и последствий на исследуемом участке бассейна реки Амур нет. В свою очередь, исследуемый пограничный участок р.Амура можно охарактеризовать как территорию с чередованием удовлетворительной, умеренно-напряженной и напряженной экологической ситуацией. Так, в связи с различиями в геолого-геоморфологическом строении речной долины в пределах исследуемой части бассейна выделяются участки с низким уровнем проявления геоэкологических опасностей, характеризующиеся высокой динамической устойчивостью русла, и неизменными природными комплексами на фрагментарно развитой пойме. Участки реки в пределах равнинных территорий бассейна характеризуются как относительно удовлетворительной экологической ситуацией и практически неизменными ПРК, так и умеренно-напряженной и напряженной экологической ситуацией, и умеренно-опасными и опасными изменениями ПРК.

В результате данной оценки были установлены следующие особенности геоэкологического состояния пограничных рек бассейна Амура:

1. Уровень геоэкологической опасности на пограничных реках бассейна Амура зависит от особенностей динамики их русел и пойм в различных физико-географических условиях, приоритетов хозяйственного использования приречных земель, социально-экономического развития приречных территорий.

2. Наибольшая степень геоэкологической опасности проявляется в ПРК меандрирующего и разветвленно-извилистого русел, динамика которых подвержена сезонным и многолетним изменениям. Таким образом, именно на участки с таким типом русла необходимо обращать особое внимание при планировании любой хозяйственной деятельности в прибрежной

территории, а также при анализе изменения границы между соседними государствами.

3. Наибольшая локализованность геоэкологической опасности в пограничной части амурского бассейна проявляется в ПРК русел вблизи населенных пунктов, а также в целом на территориях с высокой степенью хозяйственного освоения.

4. Уровень геоэкологической опасности на пограничных реках бассейна Амура зависит также и от политической обстановки, что влияет на выбор приоритетов хозяйственного использования, а, следовательно, и степень антропогенной нагрузки на ПРК, и способов урегулирования совместного использования ресурсов рек.

5. Последствия как природных, так и антропогенно-обусловленных факторов на пограничных реках бассейна Амура как правило не выходят за пределы устойчивости экосистемы реки.

Это позволяет сделать вывод, что для создания программы по уменьшению негативного воздействия на состояние ПРК пограничных рек амурского бассейна необходимо разработать критерии и стратегию рационального природопользования на этой территории с учетом интересов двух соседних государств. В основу программы необходимо заложить прогнозирование развития и динамики ПРК, регулирование землепользования на поймах, охраны пойменных ландшафтов и таким образом сохранить природный потенциал всей геосистемы реки Амур.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Акимов, В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
2. Алабян, А. М. Типы русел равнинных рек и факторы их формирования / А.М. Алабян // Геоморфология. – 1992. – № 4. – С. 37–40
3. Алисов, Б.П. Климат СССР / Б.П. Алисов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1956. – 126 с.
4. Алпатьев, А.М. Физическая география СССР (азиатская часть): учебное пособие для студентов-географов университетов и педагогических институтов. / А.М. Алпатьев, А.М. Архангельский, Н.Я. Подоплелов, А.Я. Степанов. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М., «Высш. школа», 1976. – С. 301–354
5. Аношкин, А.В. Типы пойменно-русловых комплексов рек Еврейской автономной области с точки зрения устойчивости их к антропогенной нагрузке / А.В. Аношкин // Региональные проблемы. – 2011. №14 (2). – С.82–86
6. Антроповский, В.И. Морфология и деформации русла Верхнего Амура / В.И. Антроповский // Геоморфология. – 1997. – №1. – С.45–53
7. Арманд, А.Д. Механизмы устойчивости геосистем / А.Д. Арманд. – М.: Наука, 1992. – 208 с.
8. Беркович, К.М. Антропогенные изменения русловых процессов / К.М. Беркович // География, общество и окружающая среда. Динамика и взаимодействия атмосферы и гидросферы. – М.: Городец. – 2004. – Том 6. – С. 486–493
9. Беркович, К.М. Русловые процессы и русловые карьеры. / К.М. Беркович. – М.: Географический ф-т МГУ, 2005. – 109 с.
10. Беркович, К.М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ / К.М. Беркович. – М.: Географический ф-т МГУ, 2012. – 163 с.
11. Беркович, К.М. Антропогенная изменённость русел и размывы берегов как показатели экологической напряженности на реках России / К.М. Беркович, Р.С. Чалов, А.В. Чернов // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование: сб. науч. тр. / М.: из-во МГУ, 1993. – С.42–60

12. Беркович, К.М. Экологическое состояние пойменно-русловых комплексов на реках Европейской части России (факторы, критерии, районирование) / К.М. Беркович, Р.С. Чалов, А.В. Чернов // Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы, районирование, последствия: сб. научн. ст. / М., 1996. – С.88–100
13. Беркович, К.М. Экологическое русловедение / К.М. Беркович, Р.С. Чалов, А.В. Чернов – М.: ГЕОС, 2000. – 332 с.
14. Болгов, М. В. Анализ многолетней изменчивости и оценка максимальных уровней воды в условиях увеличившейся антропогенной нагрузки на примере р. Амур / М.В. Болгов, Е.А. Коробкина, Н.В. Осипова, И.А. Филиппова // Метеорология и гидрология. – 2016. – №8. – С. 80–89
15. Борщенко, Е.В. Условия формирования русел рек бассейна Амура и их морфодинамические типы / Е.В. Борщенко, А.С. Завадский, В.В. Иванов, А.Г. Косицкий, А.Н. Махинов, О.М. Пахомова, С.Р. Чалов, Р.С. Чалов, А.В. Чернов // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Географический факультет МГУ, 2010. – №17. – С. 131–154
16. Вольский, А. С. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-51 – Сковородино, (М-51). Объяснительная записка / А.С. Вольский, Н.Н. Петрук, М.Н. Шилова, С.А. Козлов, С.А. Новченко [и др.] – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 448 с.
17. Воробьев, Д.П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока / Д.П. Воробьев. – Л.: Наука, 1968. – 227 с.
18. Галишев, М. А. Оценка природных и техногенных рисков в Российской Федерации / М.А. Галишев, Ю.Д. Моторыгин, В.Н. Громов, Ф.А. Дементьев, Д.М. Уманец. – СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2013. – 73 с.
19. Геология СССР. Хабаровский край и Амурская обл. Геологическое описание / под ред. А.В. Сидоренко. – Москва, 1966. – Т.19. – Ч.1.
20. Геология СССР. Приморский край. Геологическое описание / под ред. А.В. Сидоренко. – Москва, 1969. – Т.32. – Ч.1.

21. Кочуров, Б.И. Геоэкологическое картографирование: учебное пособие для студ. высш. уч. заведений / Б.И. Кочуров, Д.Ю. Шишкина, А.В. Антипова, С.К. Костовска; под общ. ред. Б.И. Кочурова – Москва: Издательский центр «Академия», 2009. – 192 с.
22. ГОСТ Р ИСО/МЭК 3.10.10 – 2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 70 с.
23. ГОСТ Р 22.0.06 – 1995 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники природных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы. Номенклатура параметров поражающих воздействий [Текст]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 11 с.
24. Гришанин, К.В. Устойчивость русел рек и каналов / К.В. Гришанин – Л: Гидрометеиздат, 1974. – 144 с.
25. Губарева, Е.К. Морфология и динамика русел рек бассейна Уссури и геополитические аспекты русловых деформаций / Е.К. Губарева // Сборник мат-ов IX семинара молодых ученых вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов МГУ им. М.В. Ломоносова – М.: Планета, 2012. – С.78–86
26. Губарева, Е.К. Развитие и современная динамика русла реки Сунгачи / Е.К. Губарева // Геоморфология. – 2015. – Вып.4. – С. 50–59
27. Губарева, Е.К. Геоэкологическое состояние пойменно-русловых комплексов на пограничном участке бассейна реки Амур / Е.К. Губарева // Сборник материалов IX семинара молодых ученых вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов МГУ им. М.В. Ломоносова. – Нижний Новгород: Минский университет, 2016. – С.97–104
28. Губарева, Е.К. Геоэкологические аспекты русловых и пойменных процессов в бассейне реки Амур / Е.К. Губарева, А.В. Чернов // Вестник Удмуртского университета. – 2015. – Т.25. – Вып. 4. Биология. Науки о Земле. – С.107–115
29. Гусев, М.Н. Морфодинамика днища долины верхнего Амура / М.Н. Гусев // Владивосток: Дальнаука, 2002. – 232 с.
30. Гусев, М.Н. О характере и направленности вертикальных русловых деформаций р. Амур в среднем течении (устье р. Зея — Хинганское ущелье)

- / М.Н. Гусев, Ю.В. Помигуев // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. — №4. Науки о Земле. – С. 208–218.
31. Данилов-Данильян, В.И. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования / В.И. Данилов-Данильян [и др.] // Водные ресурсы. – 2014. – № 41(2). – С. 111–122.
32. Добровольский, Г.В. Карта почвенно-географического районирования СССР / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская, Н.Н. Розов. – М.: ГУГК, 1986.
33. Договоры России с Китаем. Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hist.msu.ru>
34. Дьяконов, К.Н. Устойчивость и инерционность геосистемы / Иванов А.Н. // Вестник Московского университета. – 1991. – Серия 5: География. – № 1. – С. 28–33.
35. Еленевский, Р.А. Вопросы изучения и освоения пойм [Текст] / Р. А. Еленевский. – Москва: Изд-во Всес. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, 1936. – 100 с.
36. Ермошин, В.В., Пшеничникова Н.Ф. Картографическое изучение почвенно-географических закономерностей бассейна Амура / В.В. Ермошин, Н.Ф. Пшеничникова // География и природные ресурсы. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2009. – №4. – С. 25–32.
37. Ефимовская, С.Л. Формирование и динамика пойменно-русловых комплексов реки Вычегды: Автореф. дис. канд. геогр. наук / С.Л. Ефимовская. – СПб: РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. – 20 с.
38. Завадский, А.С. Пограничные проблемы на реках бассейна Амура, обусловленные русловыми процессами, и пути их решения / А.С. Завадский // Водное хозяйство России. – 2012. – № 3. – С. 74–79
39. Завадский, А.С. Морфология и горизонтальные деформации русел пограничных рек бассейна Амура / А.С. Завадский, В.В. Иванов, А.В. Чернов // Эрозия почв и русловые процессы. – 2012. – Т. 18. – С. 241–267.
40. Завадский, А.С. Формирование русла среднего Амура и его морфодинамические типы / А.С. Завадский, А.Н. Махинов, Р.С. Чалов // Водные ресурсы. – 2000. – Т.27. – №2. – С. 133–140

41. Зайчиков, В.Т. Физическая география Китая / В.Т. Зайчиков. – М.: «Мысль», 1964. – 740 с.
42. Заплатинский, В.М. Терминология науки о безопасности / В.М. Заплатинский // Zbornik prispevkov z medzinarodnej vedeckej konferencie «Bezpečnosť náveda a bezpečnosť nevzdelanie». – Liptovský Mikuláš: AOS v Liptovskom Mikuláši, 2006. – (CD nosič).
43. Злотина, Л.В. Устойчивость пойм рек ЕТР к антропогенным нагрузкам / Л.В. Злотина, В.В. Иванов // Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы, районирование, последствия: Сб. научн. ст. – М., 1996. – С.101–107.
44. Зонов, Ю.Б. Физическая география Приморского края: Учеб. пособие / Ю.Б. Зонов [и др.]. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1990. – 204 с.
45. Иванов, В. В. Особенности развития речных излучин при изменении условий руслоформирования / В.В. Иванов, Б.В. Матвеев, А.В. Чернов // Геоморфология. – 1983. – № 3. – С. 71–78.
46. Иванюго, А.А. Особенности гидрологического режима реки Амура за период с 1896 по 2007 гг. / А.А. Иванюго; Науч. ред. Е.А. Таможняя // Материалы научно-практической конференции молодых ученых географов (г. Москва, 31 марта 2017 года). – М.: Перо, 2017. – С.95–98
47. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, их морфометрических особенностях, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Амурскому бассейновому округу, относящемуся к зоне деятельности Амурского бассейнового водного управления за 2001 год. – Хабаровск: Амурское БВУ – 2012. – 146 с.
48. Исаченко, А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко. – М.: «Высшая школа», 1991. – 366 с.
49. Исаченко, А.Г. Экологическая география России. / А.Г. Исаченко. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2001. – 328 с.
50. Кабанов, Н.Е. Хвойные деревья и кустарники Дальнего Востока / Н.Е. Кабанов. – М.: Наука, 1977. – 175 с.
51. Ким, В.И. Прохождение паводочной волны и водный режим в нижнем течении р. Амур / В.И. Ким, А.Н. Махинов // Мат-лы науч. конф. по



- пробл. водных ресурсов Дальневосточного экономического района и Забайкалья. – СПб: Гидрометеоздат, 1991. – С.513–519.
52. Ким, В.И. Условия формирования паводков в бассейне р. Амур / В.И. Ким // Исследования водных и экологических проблем Приамурья. – Хабаровск, 1999 а. – С.66–69.
53. Ким, В.И. Влияние Зейского водохранилища на водный режим р. Амур / В.И. Ким // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы: материалы меж-дунар. науч. конф. – Хабаровск, 1999 б. – С. 90–91.
54. Коваленко, С.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист (L-(52), 53; (K-52, 53) – оз. Ханка. Объяснительная записка. / С.В. Коваленко [и др.]. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. – 2011. – 684 с.
55. Ковда, В.А. Очерки природы и почв Китая / В.А. Ковда. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 456 с.
56. Колесников, Б.П. Растительность восточных склонов Среднего Сихотэ-Алиня / Б.П. Колесников // Тр. Сихотэ-Алинского государственного заповедника, 1938. – Вып. 1. – С. 25–207.
57. Кораблева, О.В. Динамика пойменно-русловых комплексов рек Нижегородского Заволжья (на примере реки Керженец) / О.В. Кораблева, А.В. Чернов // Труды Государственного природного био-сферного заповедника «Керженский». – Нижний Новгород, 2012. – Т.5. – 196 с .
58. Кочуров, Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: Учебное пособие / Б.И. Кочуров. – Москва-Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.
59. Лесной план Амурской области. – Министерство природных ресурсов Амурской области. Свободный. Филиал ФГУП «РОСЛЕСИНФОРГ» «Амурлеспроект», 2008. – Книга 1. – 189 с.
60. Ливеровский, Ю.А. Почвы / Ю.А. Ливеровский, И.И. Карманов // Дальний Восток. Физико-географическая характеристика. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С.159–182.
61. Ливеровский, Ю.А. Почвенно-географическое районирование Приамурья / Ю.А. Ливеровский, Л.П. Рубцова // Вопросы природного районирования Советского Дальнего Востока в связи с районной планировкой. – М., 1962. – С.149–170.

62. 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 // Рациональное природопользование: международные программы, российский и зарубежный опыт. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – Т. 4 – С. 312.
63. Маккавеев, Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н.И. Маккавеев. – М.: Географический факультет МГУ, 1955. – 355 с.
64. Маккавеев, Н.И. Общие закономерности эрозионно-русловых процессов / Н.И. Маккавеев // Тр. IV Всесоюзн. гидрол. съезда. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – Т.10: Русловые процессы. – С.8–12.
65. Мамай, И.И. Динамика ландшафтов: Методика изучения / И.И. Мамай. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 167 с.
66. Махинова, А.Ф. Почвенный покров Нижнего Приамурья / А.Ф. Махинова. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – 144 с.
67. Махинов, А.Н. Экологические аспекты разработки месторождений песка и гравия в русле р. Амур / А.Н. Махинов, В.И. Ким, А.Н. Степанов // Всесоюзное совещание. Проблемы рационального освоения минеральных ресурсов: Тез. докл. – Хабаровск: ИГДДВОРАН, 1991. – С.191–192.
68. Махинов, А. Н. Размывы берегов на среднем Амуре / А.Н. Махинов, Р.С. Чалов, А.В. Чернов А. В. // Геоморфология. – 2001. – № 2.–С. 72–81.
69. Махинов, А. Н., Проект «Амур–Охотск»: результаты российско-японских исследований в нижнем течении реки Амур и Амурском лимане / А.Н. Махинов, В.И. Ким, В.П. Шестеркин, Т. Шираива, С. Нагао // Вестник ДВО РАН. – 2011. – №4. – С.3–13.
70. Махинов, А.Н., Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия / А.Н. Махинов, В.И. Ким, Б.А. Воронов // Вестник ДВО РАН. – Владивосток, 2014. – № 2. – С. 5–14.
71. Махинов, А.Н. Формирование рельефа русел и берегов рек / А.Н. Махинов, Лю Шугуан. – Хабаровск: ДВО РАН, 2013. – 174 с.
72. Махинов, А.Н. Изменение русла реки Амур после наводнения 2013 года / А.Н. Махинов, А.С. Завадский, В.И. Ким, А.В. Чернов, Е.К. Губарева // Известия РГО, 2016. – Т.148. – вып.3. – С.46–61.

73. Международные договоры. Министерство иностранных дел Российской Федерации. Внешняя политика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mid.ru>.
74. Мирцхулава, Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц.Е. Мирцхулава // М.: Колос, 1967. – 177 с.
75. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – Т. I. – Вып. 19. – 412 с.
76. Мордовин, А.М. Водные ресурсы Приамурья и их распределение по территории / А.М. Мордвин // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования: Мат-лы науч. конф. – Чита: ЧИПР СО РАН, 2001. – С.105–107.
77. Мягков, С.М. География природного риска / С.М. Мягков. – М.: изд-во Моск. Ун-та, 1995. – 224 с.
78. Мясников, В.С. Краткий очерк истории дипломатии КНР. 1949–1980 г. / В.С. Мясников. – Москва: Наука, 2014. – Т.2. – 468 с.
79. Наводнение 2013: сборник статей / под ред. А.С. Гаркин, И.Ю. Коренюк, С.А. Казачинская. – Талакан: изд-во филиал ОАО РусГидро-Буреинская ГЭС, 2013. – 152 с.
80. Наговицын, А.В. Основы ландшафтоведения: учеб. пособие. / А.В. Наговицын, И.В. Фролова. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2008. – 156 с.
81. Национальный атлас России // Природа. Экология. – М.: ФАГК России, 2008. – Т.2.
82. Никольская, В.В. Морфоскульптура бассейна Амура / В.В. Никольская. – М.: Наука, 1972. – 295 с.
83. Основные гидрологические характеристики. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – Т. 18. – Вып. 2. – 97 с.
84. О состоянии и использовании земель в Приморском крае в 2001 году. Государственный (региональный) доклад. Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Приморскому краю. – Владивосток, 2012. – 159 с.
85. Паламарь, Н.Г. К вопросу о формировании государственной границы Российской Федерации с Китайской Народной Республикой в постсоветский период / Н.Г. Паламарь // Вестник. – Владивосток, 2008. – №5(24) – С.143–145.

86. Пашканг, К.В. Комплексная физическая география / К.В. Пашканг. – Смоленск: Изд-во Смоленского гум. ун-та, 2000. – 84 с.
87. Петрук, Н.Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-52 – Благовещенск. Объяснительная записка. / Н.Н. Петрук [и др.] – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 496 с.
88. Печкуров, А.Ф. Устойчивость русел рек и каналов / А.Ф. Печкуров. – Минск: Урожай, 1964. – 406 с.
89. Подольский, С.А. Куда течет Амур? / С.А. Подольский, Е.А. Симонов, Ю.А. Дарман. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2006. – 72 с.
90. Порфирьев, Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия / Б.Н. Порфирьев. – М.: Анкил, 2011. – 252 с.
91. Рагозин, А.Л. Общие закономерности формирования и количественная оценка природных рисков на территории России / А.Л. Рагозин // Вопросы анализа риска. – 1999. – Т.1. – № 2– 4. – С. 28– 47.
92. Раковская, Э.М. Физическая география России: учебник для ВУЗов. В 2 ч./ Э.М. Раковская, М.И. Давыдова. – М., Владос, 2003. – 304 с.
93. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.18 Дальний Восток, вып.1, Верхний и Средний Амур. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 779 с.
94. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.18 Дальний Восток, вып.2, Нижний Амур. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 592 с.
95. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.18 Дальний Восток, вып.3, Приморье. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 626 с.
96. Рихтер Г.Д. Почвенно-географическое районирование СССР / Г.Д. Рихтер – М.: изд-во АН СССР, 1962. – 424 с.
97. Русловые процессы на реках СССР [Карта]: Для высшей школы (Масштаб 1:4000000) / Под ред. Р.С. Чалова. – М.: ГУГК СССР, 1990.
98. Симонов, Е.А., Егидарев Е.Г., Никитина О.И. Комплексная эколого-экономическая оценка развития гидроэнергетики бассейна реки Амур / Е.А. Симонов, Е.Г. Егидарев, О.И. Никитина. – М., 2015. – 279 с.
99. Смирнова, М.Н. Основы геологии СССР / М.Н. Смирнова – М., 1984. – 358 с.
100. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1978. – 319 с.

101. Сторожилов, В.Т. Структура и пространственная организация ландшафтов юга Дальнего Востока (на примере Приморского края): монография / В.Т. Сторожилов. – Владивосток: изд. Дальневосточного университета, 2007. – 308 с.
102. Такаченко, Б.И. Восточная граница между Россией и Китаем в документах и фактах / Б.И. Такаченко. – Владивосток: Морской гос. ун-т, 2010. – 364 с.
103. Торнес, Дж. Б. Геоморфология и время / Дж.Б. Торнес, Д. Брундсен. – М.: Недра. – 1981. – 227 с.
104. Ушаков, С.А. Геоэкологический словарь / С.А. Ушаков, Л.Е. Пикалова, Я.Г. Кац, Н.Г. Комарова. – М.: Готика, 2001. 206 с.
105. Федеральное Агентство Водных Ресурсов. Публикации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://voda.mnr.gov.ru/>.
106. Фролова, Н.Л. Оценка опасности гидрологических явлений на региональном и локальном уровнях / Н.Л. Фролова, С.А. Агафонова, А.С. Завадский, И.Н. Крыленко // Водное хозяйство России. 2014.–№3.–С. 58–74.
107. ФСГС – федеральная служба государственной статистики. Базы данных. Показатели муниципальных образований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
108. Хромов, С.П. Метеорология и климатология: учебник. Изд. 7-е / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 582 с.
109. Худяков, Г.И. Геоморфотектоника юга Дальнего Востока / Г.И. Худяков. – М.: Наука, 1972. – 427 с.
110. Худяков, Г.И., История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Юг Дальнего Востока. / Г.И. Худяков [и др.]. – М.: Наука, 1977. – 427 с.
111. Чалов, Р.С. О классификации речных русел / Р.С. Чалов // Геоморфология. – 1980. – №1 – С. 3–16.
112. Чалов, Р.С. Морфодинамика русел равнинных рек. / Р.С. Чалов. – М.: ГЕОС, 1998. 288 с.
113. Чалов, Р.С. Горные реки и реки в горах: продольный профиль, морфология и динамика русел / Р.С. Чалов // Геоморфология. – 2002. – №3 – С. 26–40.

114. Чалов, Р.С. Мелкомасштабное картографирование русловых процессов / Р.С. Чалов, А.В. Чернов // Геодезия и картография. – 2000 а. – № 3. – С.35–43.
115. Чалов, Р.С. Проблемы развития русла Амура в районе Амуро-Уссурийского водного узла / Р.С. Чалов, А.В. Чернов // География и природные ресурсы. – 2000 б. – № 4. – С. 93–98
116. Чернов, А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии / А.В. Чернов. – М: ООО «Крона», 2009 а. – 684 с.
117. Чернов, А.В. Опасность русловых процессов, как геоэкологическая проблема, и ее оценка (на примере рек Северо-западного федерального округа) / А.В. Чернов // Устойчивое развитие и геоэкологические проблемы Балтийского региона: мат-лы Международной научно-практ. конф. – Великий Новгород, 2009 б. – С. 367– 376.
118. Чернов, А.В. Малые реки лесного Нижегородского Заволжья / А.В. Чернов, Е.Г. Киселева // Процессы и экологическая обстановка в бассейнах малых рек. – Ижевск: Изд-во Удмуртского ун-та, 2000. – С. 27–33.
119. Чернов А.В. Опыт типизации пойменно-русловых комплексов, как геоморфологической системы // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем // Мат-лы XXXI Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Астрахань, 5–9 октября 2011 г. – Астрахань, 2011. – Часть II. –С.262–265.
120. Чернов, А.В. Геоэкологическое состояние пойменно-русловых комплексов пограничных рек бассейна Амура / А.В. Чернов, Е.К. Губарева // Трёшниковские чтения-2018. Современная географическая картина мира и технологии географического образования. Мат-лы Всеросс. Науч. практ. конф. – Ульяновск: изд УлГУ им. И.Н. Ульянова, 2018. – С. 237–240.
121. Черногаева, Г.М. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2014 год / Г.М. Черногаева [и др.]. – Москва: РОСГИДРОМЕТ, 2015. – 199 с.
122. Чистяков, А.Н. Российско-китайские пограничные отношения на Дальнем Востоке: История и современность. / А.Н. Чистяков // Туризм: право и экономика, 2009. – №1. – С.11–15.

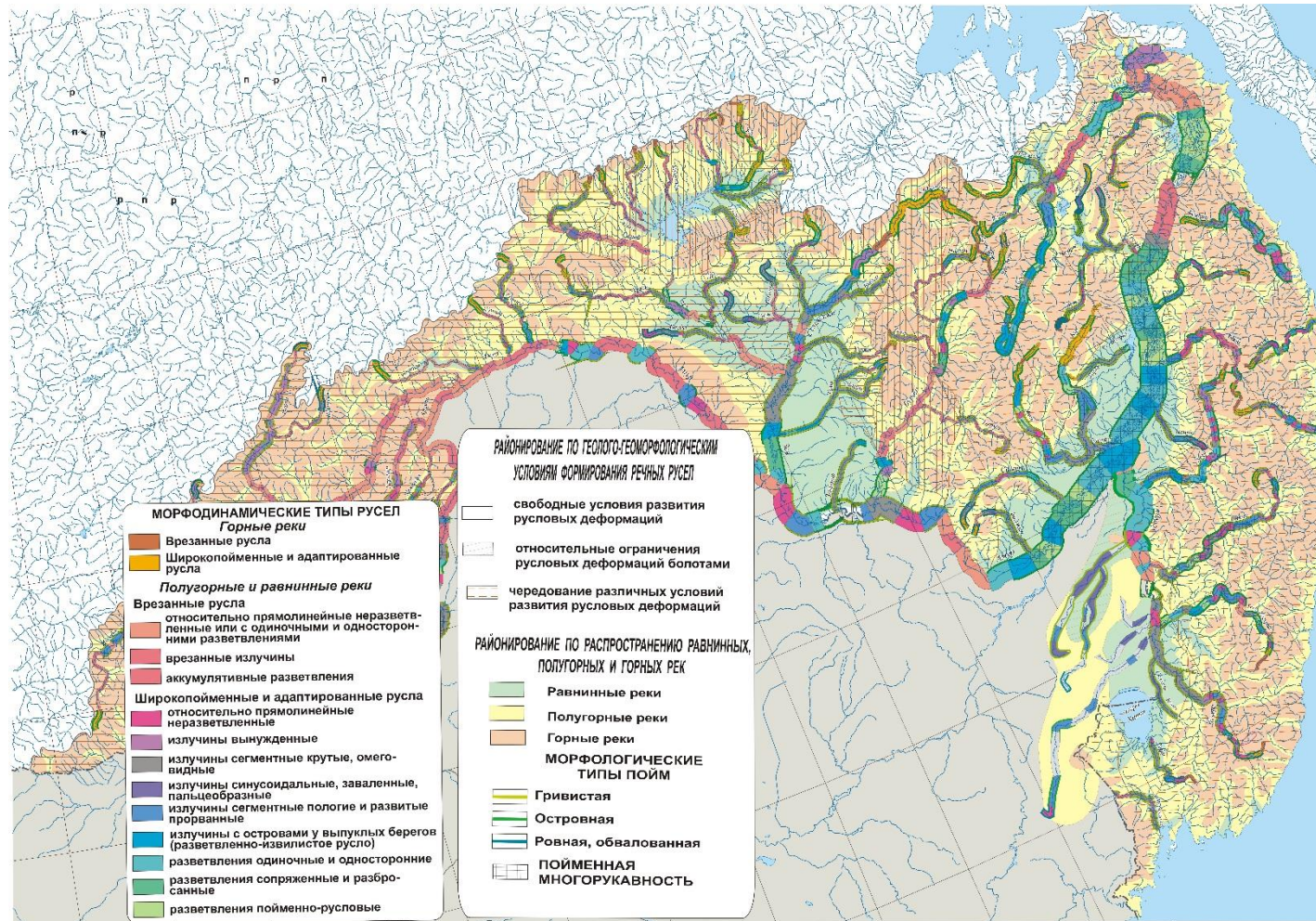
123. Экология эрозионно-русловых систем России / под ред. Р.С. Чалова. – М.: Географический ф-т МГУ, 2002. – 163 с.
124. Экологический словарь терминов МЧС // М.: Изд-во EdWort, 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru)
125. APFM Applying environmental assessment to flood management. Integrated Flood Management Tools Series No.3 [Rapport]. –Geneva:WMO, 2013.–33 p.
126. European Parliament Directive 2007/60/EC // Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. – 2007. – 13 p.
127. Dombrowsky, Ines Die Wasserkrise im Nahen Osten / Ines Dombrowsky // Aus Politik und Zeitgeschichte. – 2001. – В. 48-49. – P. 30–38.
128. Gerson, Michael, S. The Sino-Soviet Border Conflict Deterrence, Escalation, and the Threat of Nuclear War in 1969 Copyright / Michael, S. Gerson, Dmitry Gorenburg, Heidi Holz, Peter Mackenzie, Greg Zalasky. –Arlington, USA: CNA, 2010. – 74 p.
129. Haushofer, Karl Grenzen in ihrer geographischen und politischen Bedeutung. / Karl Ernst Haushofer. – Heidelberg, Berlin, Magdeburg: Vowinckel, 1939. – 350 p.
130. Ju'ub, Abu Water Conflicts in the Middle East: The Twin Rivers Orontes and Litani / G. Abu Ju'ub, R. Azzam // FORUM Forschung – Duisburg, 2003. – P. 112–117.
131. Lassere, F. The Amur River border. Once a symbol of conflict, could it turn into a water resource stake? Le fleuve Amour: Symbole de conflit passe, futur enjeu de ressource hydraulique? / Frédéric Lasserre. – Cybergeog: European Journal of Geography, 2003. – 37 p.
132. Bertenburg, Ralf M. Konflikt-Quelle der Zukunft. Die Wasserkrise aus sozialwissenschaftlicher Sicht / Ralf M. Bertenburg. // Forum Forschung. – 2001. – P. 1–11.
133. UNECE Water Convention Water and Climate Change Adaptation in Trans-boundary Basins: Lessons Learned and Good Practices [Livre]. – Geneva: UNECE, 2015. – 128 p.



## Приложение А

(обязательное)

### Карта пойменно-русловых комплексов рек бассейна Амура





## Приложение Б

(обязательное)

### Геоэкологическое состояние ПРК пограничных рек бассейна Амура

