



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(дипломный проект)

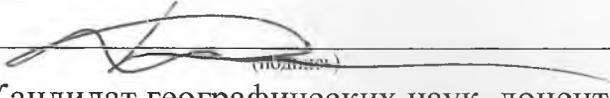
На тему РОЛЬ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ  
ДЕМАРКАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ  
ГРАНИЦ (НА ПРИМЕРЕ РЕК АРГУНЬ И  
ВОРЬЕМА)

Исполнитель Полони Алексей Сергеевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Доктор географических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ  
(ученая степень, ученое звание)

Барышников Николай Борисович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
Кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич  
(фамилия, имя, отчество)

17. мая 2016.

Санкт-Петербург  
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрометрии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(дипломный проект)

На тему **РОЛЬ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ  
ДЕМАРКАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ  
ГРАНИЦ (НА ПРИМЕРЕ РЕК АРГУНЬ И  
ВОРЬЕМА)**

Исполнитель Полони Алексей Сергеевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Доктор географических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ  
(ученая степень, ученое звание)

Барышников Николай Борисович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

Кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич

(фамилия, имя, отчество)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Санкт–Петербург  
2016

## Содержание

Введение	3
Глава 1. Физико-географическая характеристика рек Аргунь и Ворьема	6
1.1 Физико-географическая характеристика реки Аргунь	6
1.2 Физико-географическая характеристика реки Ворьема	18
Глава 2. Русловые процессы рек и их типизация	29
2.1 Русловые процессы и факторы определяющие их	29
2.2 Принципы и подходы к классификации речных русел	37
Глава 3. Типизация русловых процессов участков рек Аргунь и Ворьема	50
3.1 Русловые процессы и морфодинамические типы русловых процессов реки Аргунь	50
3.2 Русловые процессы и морфодинамические типы русловых процессов реки Ворьема	72
Заключение	81
Список использованной литературы	85

## Введение

Изучение русловых процессов является одним из важнейших элементов геоэкологических исследований. Такие исследования имеют большое теоретическое значение, поскольку позволяют выявить степень воздействия тех или иных факторов в разных условиях их проявления. Знание условий и особенностей русловых деформаций необходимо для предотвращения нежелательного (с точки зрения жизни и хозяйственной деятельности) развития этих процессов и использования закономерностей их режима при разработке проектов освоения рек и регулирования русел.

Особую значимость исследования русловых процессов имеют для пограничных рек. Государственные границы в этом случае, как правило, назначаются по фарватеру, который довольно часто меняет свое положение из-за развития русловых деформаций. Особенно часто это положение прослеживается на участках рек с типами руслового процесса русловая или пойменная многорукавность, при меандрирующих типах руслового процесса, таких как свободное, незавершённое или ограниченное, наиболее активно фарватер изменяет своё положение при подтипе руслового процесса – блуждающие русла [7,8,28]. При активных деформациях русел фарватер довольно часто может перемещаться от одного склона долины к противоположному, а значит, смещается и государственная граница, что иногда сопровождается переходом территорий (одного или нескольких островов) под юрисдикцию сопредельного государства. Наглядным примером является остров Доманский, расположенный на р. Амур в непосредственной близости от города Хабаровска. Результатом смещения фарватера в северный рукав явилась передача этого острова Китаю.

Обычно установление государственных границ проходит две стадии: делимитация и демаркация. Делимитация — это определение положения и направления государственной границы по соглашению между сопредельными государствами или, например, в мирном договоре и нанесение этой линии на

географическую карту, прилагаемую к договору о делимитации. Точное определение границ между соседними государствами является фактором мира и безопасности, добрососедских отношений. Демаркация — это установление линии государственной границы на местности на основании документа о делимитации и обозначение ее соответствующими пограничными знаками. С этой целью создаются смешанные комиссии на паритетных началах; они определяют и обозначают прохождение линии государственной границы на местности путем сооружения специальных пограничных знаков.

Для России, длина водных границ, которой исчисляется тысячами километров, долгосрочные прогнозы русловых деформаций и особенно берегов рек имеют особое значение.

Наибольшую протяженность водных границ можно отметить на границе с Китаем. Еще, в 1861 г. на военном посту на оз. Ханка (Турий Рог) подписан протокол, к которому были приложены 2 экземпляра карты граничной линии от реки Уссури до Японского моря. Были установлены 8 пограничных столбов. В 1886 году деревянные столбы заменены на каменные. Следующим важным этапом было проведение с 1991 по 1999 г.г. демаркации границы. Далее, в 2007 г., произведена окончательная демаркация.

Река Аргунь является естественной границей между Россией и Китаем. Река Ворьема – между Россией и Норвегией. В последние десятилетия эти реки испытывают существенное антропогенное воздействие. В связи с чем исследование русловых процессов рек Аргунь и Ворьема имеет важное значение, так как интенсивные переформирования берегов, отмирание старых рукавов и образование новых вызывают смещение фарватера, а, следовательно, являются основанием для изменения линии государственной границы.

Цель работы - выявить основные закономерности естественной динамики русловых процессов рек Аргунь и Ворьема, оказывающих воздействие на положение межгосударственной границы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. определить природные факторы, влияющие на русловые процессы исследуемых рек;
2. определить направленность и интенсивность русловых процессов рек Аргунь и Ворьема;
3. выявить основные морфодинамические типы русла р. Аргунь и р. Ворьема;

Предметом исследования является изучение русловых процессов рек Аргунь и Ворьема.

Объектом исследования служат реки Аргунь на отрезке с. Абагайтуй – с. Аргунск, река Ворьема.

Исходными данными послужили топографические карты разных лет издания, разновременные космоснимки различного разрешения, гидрологические справочники.

Теоретической основой оценки русловых деформаций послужила гидроморфологическая теория руслового процесса, разработанная в Государственном гидрологическом институте Н.Е. Кондратьевым и И.В. Поповым, а также географический подход к изучению русловых процессов, обоснованный научной школой Н.И. Маккавеева и Р.С. Чалова в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова.

В основе сбора и анализа материалов использовались традиционные методы географических исследований. Решение основных задач дипломного проекта основывалось на применении сравнительно-географического, картографического, экспедиционного, стационарного и других методов исследований динамики природных объектов.

Ценность исследований заключается в том, что впервые проведены работы по изучению русловых деформаций пограничных рек Аргунь и Ворьема. На основе натурных и литературных данных выявлены основные морфодинамические типы рек.

Полученные данные могут служить основой для решения разнообразных задач, связанных с деятельностью человека на пограничных реках.

## Глава 1. Физико-географическая характеристика рек Аргунь и Вурьема

### 1.1 Физико-географическая характеристика реки Аргунь

Река Аргунь – правая составляющая р. Амур – берет начало на западном склоне Большого Хингана на территории КНР. На 951-м км она вступает в пределы Забайкальского края и ниже является естественной границей между Россией и Китаем (рис. 1.1). Бассейн р. Аргунь расположен в основном на территориях Китая и Монголии. Только левобережье в его средней и нижней частях находится в пределах России, что составляет 30 % от общей площади водосбора (без водосбора оз. Далайнор) [38].

Общая площадь бассейна р. Аргунь составляет 285 тыс.км<sup>2</sup>, протяженность реки до слияния с р. Шилка – 1683 км. Протяженность рассматриваемой в работе части р. Аргунь составляет 430 км.

Русловые процессы реки Аргунь определяются основными природными факторами – геологическим строением и рельефом, характером растительного покрова, а также климатом, обуславливающим особенности гидрологического и термического режимов реки.

*Рельеф и геологическое строение.* Границей бассейна р. Аргунь на востоке служит хребет Большой Хинган, на юге водораздел пролегает по всхолмленным участкам равнины Барга и восточным оконечностям Средне-Халхасской возвышенности. Затем граница отклоняется на северо-запад и переходит на отроги Хэнтэя и горы Ульдзей-Санхан-Ола. Далее водораздел проходит в направлении на северо-восток по северо-западной оконечности Баргинского плоскогорья, по системе отрогов Аргунского, Кличкинского, Нерчинского, Урюмканского, Газимурского и Борщевочного хребтов [62].

В орографическом отношении бассейн реки занимает молодую среднегорную страну с сильно расчлененным рельефом, вытянутую с юга на север более чем на 1000 км. Современный облик рельефа сформировался в



Согласно геоморфологическому районированию Читинской области [5] значительная часть российской территории бассейна р. Аргунь расположена в пределах Улдза-Хайларской высокой равнины.

Левобережную часть бассейна р. Аргунь в пределах России занимают отроги параллельно расположенных Нерчинского, Аргунского, Газимурского и других хребтов. Они представляют собой низко- и средневысотные горы, вытянутые в северо-восточном направлении. Хребты разделяются узкими межгорными впадинами или древними достаточно глубокими и широкими речными долинами. Максимальная абсолютная отметка достигает 1139 м.

Горные хребты воздействуют на атмосферную циркуляцию в нижнем слое тропосферы и, соответственно, на распределение осадков. С высотой увеличивается продолжительность холодного сезона, т.е. периода накопления запасов влаги в твердом виде, и сокращается период расходования этих запасов. Большая часть левых притоков реки Аргуни, таких как рр. Урулюнгуй, Верхняя Борзя, Калга, Средняя Борзя, Нижняя Борзя, Серебрянка, Ишага берут начало в хребтах.

В геологическом отношении район исследований сложен морскими и континентальными (осадочные и вулканогенные) отложениями протерозойского и палеозойского возрастов. Морские отложения выполняют разобщенные прогибы в Аргунской зоне и представлены в основном песчаниками, алевролитами, органогенными известняками с прослоями глинистых, углисто-глинистых, кремнистых сланцев [14, 13]. Континентальные образования выполняют Южно-Аргунскую и Северо-Аргунскую межгорные впадины [3] и представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, супесями, суглинками. Кроме осадочных пород, на данной территории установлены разновозрастные магматические (интрузивные и эффузивные) образования.

Рыхлые современные отложения, слагающие русло и пойму р. Аргуни, ее притоков и сухих падей, склонов и пологих приводораздельных пространств, характеризуются различным литологическим составом, представлены песчано-

галечными отложениями с прослоями глин, суглинков и илов. Такие породы имеют рыхлое сложение и легко размываются водными потоками [25].

Многолетнемерзлые грунты бассейна р. Аргунь имеют островное распространение и приурочены, главным образом, к днищам долин рек, падей и склонам речных долин северных экспозиций. По берегам основного русла р. Аргунь и крупных проток многолетнемерзлые грунты отсутствуют. Криогенные и посткриогенные образования представлены на рассматриваемой территории буграми пучения, термокарстовыми образованиями и солифлюкционными наплывами, оползнями [47].

Долина реки Аргуни на большом протяжении по характеру поперечного профиля трапецеидальная, ящикообразная, а ниже впадения р. Быстрая на отдельных участках – V-образная. От с. Абагайтуй до с. Горбуново (верхний отрезок) река протекает в широкой долине, достигающей у места впадения рек Ганьхэ и Дэрбул ширины 18-20 км. Ниже с. Горбуново (нижний отрезок) долина реки становится узкой, а преобладающая ширина ее составляет всего 0,2-0,7 км. Склоны долины крутые, сложены скальными породами (песчаники, известняки, граниты и др.), террасированные. Наиболее отчетливо прослеживаются 3, а в нижней части рассматриваемого участка 4 надпойменные террасы. Дно долины на разных участках по характеру затопления относится к разным типам: полностью пойменное, частично пойменное и незатопляемое.

На верхнем отрезке преобладает пойма островного типа с характерным для нее чередованием участков разнобережных несимметричных пойменных массивов, сильно заболоченных, изобилующих протоками, старицами, озерами. Наиболее узкие участки поймы (2,5-3,0 км) наблюдаются в местах сужения долины между селами Дурой и Кути (у горы Большая Кенга) и у с. Староцурухайтуй. Наиболее широкая пойма (15-20 км) в виде обширных пойменных массивов сформировалась на участке впадения рек Ганьхэ и Дэрбул. Ниже с. Горбуново пойма практически отсутствует и появляется лишь в местах впадения притоков в виде зачаточных форм [38].

Русло реки в значительной степени извилистое, многорукавное. Наиболее разветвленное русло на участке с. Капцагайтуй – с. Дурой, где в поперечном профиле поймы наблюдается до 10 рукавов различных размеров. В результате деления основного русла на протоки на отдельных участках в верхнем течении реки отмечается большое количество островов разнообразных плановых очертаний и размеров. Повсеместно рукава связаны с проточными или полупроточными озерами. Ниже места впадения правобережного притока Ганьхэ извилистость реки резко уменьшается. Ниже с. Горбуново русло практически является близким к прямолинейному, сохраняя лишь вынужденную слабую извилистость, повторяющую складки рельефа.

Ширина реки увеличивается от 40-90 м в верхней части до 190-250 м в низовьях. Плесы и перекаты до устья р. Ганьхэ не выражены, ниже плесы преобладают над перекатами. Много перекатов с каменистым дном, узким судовым ходом и значительными скоростями течения расположено ниже с. Олоча.

Берега реки и пойма на верхнем участке от с. Абагайтуй до с. Горбуново сложены в основном легко размываемыми песчано-илистыми грунтами пойменной фации аллювиальных отложений. Собственно русловые отложения представлены песчано-илистым или песчано-галечным, а местами галечно-гравелистым материалом. На участке ниже с. Горбуново до устья р. Быстрая в русле преобладают песчано-галечные, выложенные местами валунно-галечной отмосткой, отложения. Ниже впадения р. Быстрая дно р. Аргунь сложено галечно-каменистыми грунтами [50].

*Климат.* Климат бассейна р. Аргунь суровый, резко континентальный, характеризующийся большими суточными и годовыми амплитудами температуры воздуха [15].

Суровая продолжительная зима отличается низкими температурами (абсолютный минимум января  $-58,0^{\circ}\text{C}$ , ст. Приаргунск), малоснежностью, обилием ясных дней. Средняя годовая температура в северной части бассейна (ст. Нерчинский Завод) составляет  $-3,0^{\circ}\text{C}$ , на юге (ст. Забайкальск)  $-0,3^{\circ}\text{C}$ .

Зима длится около 6 месяцев, переход средней суточной температуры воздуха через 0<sup>0</sup> происходит: весной – в середине апреля, осенью – в середине октября. Лето теплое, сухое в начале сезона и дождливое во второй половине. Абсолютный максимум июля составляет 42,0<sup>0</sup> С (ст. Приаргунск). Таким образом, максимальная амплитуда годовых колебаний температуры достигает 100,0<sup>0</sup> С.

Температурный режим территории обуславливает интенсивное физическое выветривание горных пород на склонах долин – притоков р. Аргунь. Они выносят в долину Аргуни в местах пересечения горных территорий значительное количество обломочного материала, образующего преимущественно галечные аллювиальные отложения.

Переходные сезоны короткие. Весна обычно прохладная, ветреная и засушливая. Ледостав осенью на реке устанавливается быстро.

Среднемноголетняя годовая сумма осадков на рассматриваемой территории изменяется от 302 мм (ст. Забайкальск) до 417 мм (ст. Нерчинский Завод). Распределение осадков в течение года характеризуется крайней неравномерностью. Зимой выпадает 5-6 % (20-30 мм) от годовой суммы осадков; весной – около 9-11 % (30-45 мм); летом – 70-75 % (250-300 мм); осенью – до 10 % (30-50 мм).

Снежный покров образуется в середине октября, а тает в большинстве случаев в конце марта – начале апреля. В северной части бассейна средняя высота снежного покрова не превышает 20 см, в то время как в южной части составляет всего 7-8 см. Малая высота снежного покрова и устойчивые очень низкие температуры воздуха в зимний период обуславливают глубокое (до 4-5 м) промерзание почвы [5].

*Гидрологический режим.* Систематические наблюдения за уровнем воды р. Аргунь ведутся с конца XIX века. Первый водомерный пост был открыт в 1899 г. в с. Олоча. В настоящее время в бассейне Аргуни действует 7 постов, в том числе с продолжительными (более 50 лет) периодами наблюдений. Сток воды и наносов р. Аргунь изучен крайне слабо. Измерение расходов воды

проводилось на посту с. Олоча в течение 15 лет, на других постах всего 3-4 года. Сток наносов измерялся лишь эпизодически.

По характеру водного режима р. Аргунь относится к дальневосточному типу рек, для которых характерно резко выраженное преобладание дождевого стока (60-80 % годового стока) над снеговым и грунтовым, что объясняется особенностями климата. Летне-осенние паводки (в среднем отмечается 3-4 паводка, в маловодные годы меньше) на реке связаны с активизацией циклонической деятельности во второй половине лета и начале осени. Интенсивность подъема уровней р. Аргунь во время прохождения паводков составляет 30-70 см/сутки, максимальная достигает 150-180 см/сутки (1988 год у с. Олоча). Максимальное превышение уровня над предпаводочным в этот период составило 550 см.

Паводочный сезон продолжается в среднем 30-60 дней. В многоводные годы поверхность поймы находится под водой в течение нескольких месяцев. Например, в районе с. Кайластуй в многоводный 1998 г. пойма была затоплена около 150 дней (рис.1.2). Глубина затопления различна вследствие неровности поверхности поймы, но может достигать 2-3 м. Для верхних участков реки характерен плавный подъем до 30-60 дней и такой же спад. В маловодные и средние по водности годы подъем паводка составляет 5-15 дней, спад - 10-20 дней.

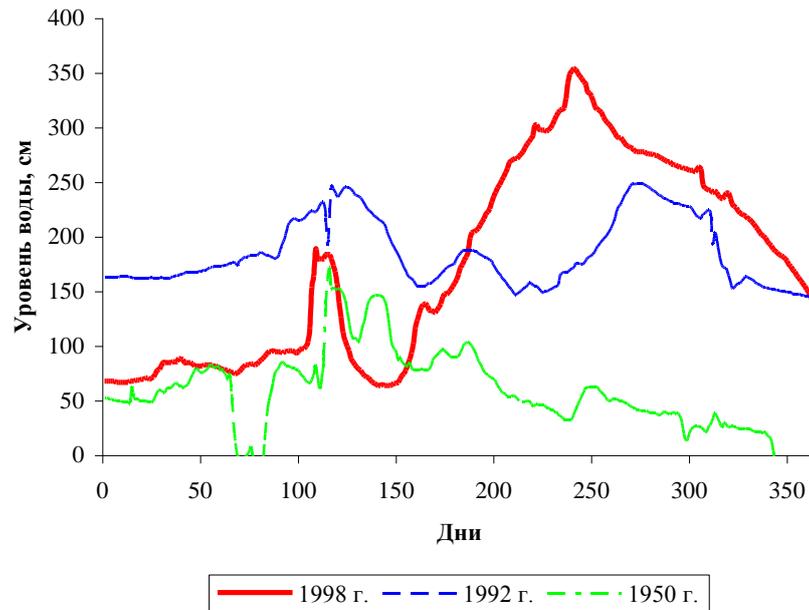


Рисунок 1.2 Ход уровня воды р. Аргунь – с. Кайластуй за характерные годы

Для нижнего и среднего течений р. Аргунь паводки обычно представляют хорошо выраженные подъемы воды в виде одиночных пиков (рис.1.3, 1.4), разделенных между собой периодами межени, продолжительностью от нескольких дней до нескольких недель. Объем стока за отдельно взятый паводок, независимо от водности года, составляет 30-37 % от годового объема стока.

Для режима реки Аргунь характерно крайне неравномерное распределение стока в течение года. Наибольшая часть годового стока (80 – 85 %) проходит в теплую его часть (весенне – летний период). В распределении стока по месяцам явно выраженная устойчивость отсутствует.

В многоводные и средние по водности годы наиболее высокий сток чаще всего проходит в июле – августе, в отдельные годы он смещается на май. В маловодные годы на осенне–зимний период приходится 13-20 % общего годового стока воды [21].

Максимальные расходы воды различной обеспеченности по створам р. Аргунь представлены в таблице 1.1.

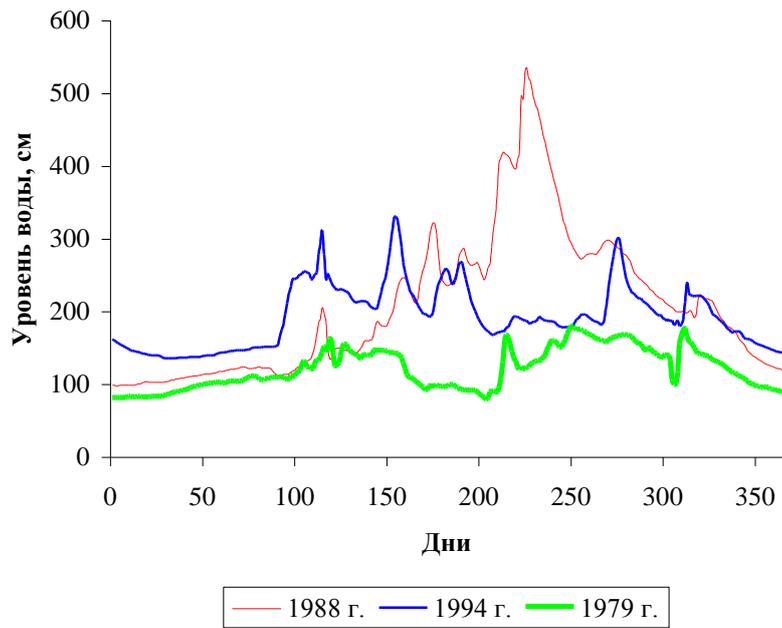


Рисунок 1.3 Ход уровня воды р. Аргунь – с. Новоцурухайтуй за характерные годы

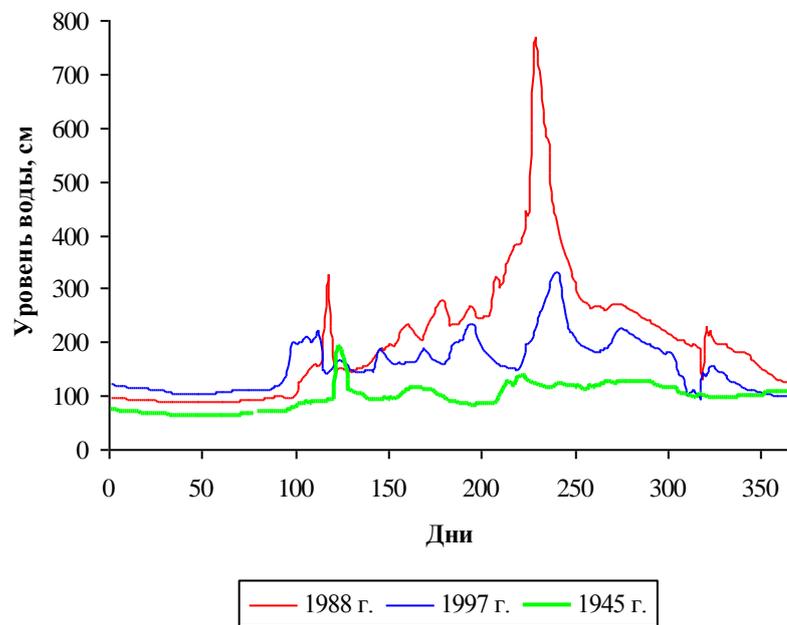


Рисунок 1.4 Ход уровня воды р. Аргунь – с. Олочи за характерные годы

Таблица 1.1

## Максимальные расходы воды реки Аргунь различной обеспеченности

Створ	Площадь водосбора, кв. км	Обеспеченные расходы воды, м <sup>3</sup> /с							
		0.5%	1%	2%	3%	5%	10%	20%	50%
1. р. Аргунь – д. Молоканка	56100	2360	1910	1460	1234	954	617	393	280
2. р. Аргунь – с. Староцурухайтуй	64500	2710	2190	1680	1420	1100	709	451	322
3. р. Аргунь – с. Новоцурухайтуй	96000	4030	3260	2500	2110	1630	1060	670	480
4. р. Аргунь – с. Зоргол	100100	4200	3400	2600	2200	1700	1100	700	500
5. р. Аргунь – с. Олоча	106000	4400	3580	2770	2330	1810	1200	745	536
6. р. Аргунь – с. Аргунск	110000	4620	3740	2860	2420	1870	1210	770	550

Летне-осенняя межень с разной продолжительностью может наблюдаться в любое время с мая по октябрь. Если весной выпадает мало осадков, то после очищения реки ото льда, устанавливается низкая межень, которая иногда длится достаточно долго (до 50 дней и больше). В другие годы к межени относятся непродолжительные прерывистые периоды с пониженным стоком, наблюдающиеся между отдельными паводками. На долю минимального летнего 30-суточного периода (в средний по водности год) приходится 7-9 % от годового объема стока. В многоводные годы объем стока за меженный период увеличивается до 10-15 %, в маловодные – уменьшается до 5 % от годового значения.

Наиболее длительной и маловодной фазой водного режима рек является зимняя межень со средней продолжительностью 170 дней.

Водный режим рек бассейна р. Аргунь в период зимней межени отличается наибольшей в году устойчивостью, так как питание их осуществляется исключительно за счет подземных вод. В особо суровые зимы из-за промерзания р. Аргунь на перекатах на отдельных участках в верхнем ее течении сток отсутствует. В целом, сток воды за период зимней межени весьма незначителен и составляет всего 2-5 % годового объема. Такая низкая величина зимнего стока обусловлена распространением в пределах бассейна островной и

сплошной многолетней мерзлоты и глубоким сезонным промерзанием почвогрунтов.

Состав и режим стока наносов р. Аргунь изучены слабо, так как регулярные наблюдения за величиной терригенного стока реки не проводились. На величину стока наносов р. Аргунь, как и других рек бассейна Амура, большое влияние оказывают такие факторы как климат, рельеф, геологическое строение, гидрологический режим [39]. Суровая малоснежная зима, значительная глубина промерзания почв, существенная продолжительность затопления паводковыми водами обуславливают интенсивное разрушение поверхностного слоя грунтов, а сильные ветры в весенний период способствуют переносу мелких по составу частиц [60].

Однако совокупное влияние всех этих факторов на интенсивность сноса тонкообломочного материала в русло обуславливает в целом небольшую среднегодовую мутность р. Аргунь. Соответственно, сток наносов также не отличается большими величинами, которых следовало бы ожидать, учитывая продолжительные летне-осенние паводки и значительную неравномерность стока воды рек как в течение одного сезона, так и за многолетний период.

Для приближенной оценки стока взвешенных наносов р. Аргуни была использована карта-схема средней мутности рек [50], согласно которой основная часть площади рассматриваемого бассейна Аргуни относится к зоне со средней мутностью от 50 до 100 г/м<sup>3</sup>.

Крупность русловых отложений изменчива по длине реки Аргунь и определяется в основном геоморфологическим строением долины. Гранулометрический состав отложений изучался при проведении экспедиционных работ Читинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Исследования проводились на участках реки Аргунь от места ее входа на территорию России до слияния с протокой Прорва и от с. Брусиловка до с. Средний Аргунск. Установлено, что в донных пробах преобладают частицы размером < 0,001 мм (5-20 %) и 0,1 – 1,0 мм (60-80 %). От с. Кайластуй и далее вниз по течению реки основное содержание проб –

галька размером 50 - 100 мм (40-80 %) и гравий – размером 5-10 мм (3-20 %) [21].

*Почвы.* Почвенный покров бассейна р. Аргунь характеризуется весьма заметным разнообразием. В южной части бассейна широкое распространение имеют почвы черноземного типа среднесуглинистого механического состава. В северной части бассейна (до с. Аргунск) распространены подзолистые почвы, которые являются типичными для горных областей Сибири. Отдельными вкраплениями здесь встречаются темно-серые, вторично подзолистые почвы, которые к юго-западу (район с. Заргол) залегают сплошной полосой. По долинам рек и пологим склонам, примыкающим к ним, распространены луговые, лугово-черноземные, лугово-болотные, болотные и аллювиальные почвы.

В долинах рек распространены аллювиальные почвы, приуроченные к речным поймам. Они формируются на легкосуглинистых отложениях пойменной фации и нередко подвержены затоплению паводковыми водами [59]. Мощность пойменной фации достигает нескольких метров и при подъеме уровней воды береговые уступы, сложенные этими отложениями легко подвергаются размыву.

Растительный покров. Основные площади бассейна р. Аргунь заняты степями и лесостепями. Приречные луговые равнины пойм и низких террас местами значительно заболочены [43]. На севере бассейна в горных хребтах вдоль левобережья низовой р. Аргунь распространены восточно-сибирские лиственничные леса. В центральной части бассейна (с. Копцегайтуй - с. Заргол) преобладают разнотравье и ковыльные степи. На всем Баргинском плоскогорье, включая и южные степные районы Забайкалья, располагаются сухие степи, близкие к полупустыням. Склоны хребтов Большой Хинган и Хэнтэй покрыты смешанным лесом, местами с преобладанием лиственницы и березы [59].

## 1.2 Физико-географическая характеристика реки Ворьема

Ворьёма (норв. Jakobselva - Якобсэльва; возможные варианты:

Вуоремийоки, Райййоки) — река на границе Норвегии и России. Длина 45 км. Исток реки расположен на территории Печенгского района, впадает в губу Ворьема Варяжского залива Баренцева моря (рис. 1.5).

Общее направление течения на север. Крупные притоки Сювякуру, Тверэльва и Халмвассэльв. В среднем течении река проходит через озеро Вуоремиярви. По реке на большей части протяжённости проходит граница между норвежской губернией Финнмарк и Мурманской области России (с 1826 г.). В 1920-1944 годах по реке проходила граница между Норвегией и Финляндией. В устье реки расположен норвежский посёлок Гренс Якобсэльв и российский радиотехнический пост «Екатерининская».



Масштаб 1:500 000

Рисунок 1.5. Обзорная карта расположения русла р. Ворьема

*Геологическое строение и основные черты рельефа.* Исследуемая территория располагается в пределах Балтийского кристаллического щита, сложенного в основном древними породами архея и нижнего протерозоя. В северной части рассматриваемой территории преобладают осадочно-вулканогенные породы в основном среднего протерозоя: это средние, основные и ультраосновные лавы и туфогенные образования; местами встречаются вкрапления интрузивов – габбро-диабазов, габбро, амфиболитов, серпентинитов, оливинитов, перидотитов, норитов. Остальная часть сложена архейскими и нижнепротерозойскими слюдяными, амфиболовыми гнейсами, амфиболитами и сланцами [4]. В тектоническом отношении рассматриваемая территория относится к области карельской складчатости, также встречаются докарельские гранитоиды. Карелиды имеют многоярусное строение, пересечены зонами глубинных разломов с разновозрастными интрузиями. Коренные породы практически повсеместно перекрыты чехлом четвертичных отложений, главным образом, ледникового генезиса. Основной тип таких отложений – морена. Она представлена в основном супесями и суглинками (реже глинами и песками) со щебнем и валунами с линзами и прослоями песков и глин. Местами встречаются песчано-галечные водно-ледниковые отложения [4]. В отдельных понижениях рельефа мощность моренных отложений может достигать нескольких десятков метров. Многочисленны следы ледниковой деятельности. Они проявляются в сглаженных поверхностях вершин останцовых возвышенностей, «ваннах выпахивания», ледниковых шрамах, бараньих лбах, а также в специфической вытянутости холмов, озерных котловин и понижений в направлении движения ледника – с северо-запада на юго-восток. В настоящее время у подножий возвышенностей и на склонах также распространены элювиально-делювиальные отложения.

Разная степень устойчивости коренных пород к денудации, деятельность ледника и современные четвертичные отложения определяют общий характер территории района исследований. Рельеф можно охарактеризовать как денудационно-тектонический. Он представляет собой чередование

денудационных гряд и холмов, так называемых сопок, высоты которых колеблются в пределах 200 – 400 м, с волнистыми моренными равнинами и заболоченными понижениями. Понижения на рассматриваемой территории, как правило, заняты болотами различных типов.

*Климатические условия.* Рассматриваемый район расположен в области атлантико-арктического влияния субарктического и умеренного поясов.

Климат Кольского полуострова имеет ряд особенностей, определяемых комплексом физико-географических факторов. К их числу относятся:

- 1) расположение области за Полярным кругом;
- 2) влияние теплого Мурманского течения;
- 3) взаимодействие двух разнородных типов воздушных масс (холодных и сухих из Арктики и влажных из Атлантики);
- 4) значительная пространственная протяженность области в сочетании с неоднородностью рельефа.

Большое влияние на формирование климата данной местности оказывает Нордкапское течение, заходящее в Баренцево море, которое представляет собой ответвление теплого Норвежского течения. Характерными особенностями климата являются: довольно мягкая зима и прохладное лето, постоянно высокая влажность воздуха в течение года, высокая повторяемость пасмурных дней, а также циклонов зимой и антициклонов летом, частые и быстрые изменения погоды при смене направления ветра. Погода здесь имеет некие отличительные черты: долина реки расположена за северным полярным кругом, поэтому зимой здесь наблюдаются полярные ночи, а летом – полярные дни. Полярная ночь наступает в декабре и продолжается до середины января, полярный день характерен для июня-июля. Кроме того, для зимы характерно такое явление, как северное сияние, которое здесь можно наблюдать довольно часто. Что касается годовой солнечной радиации, то она изменяется от 55 ккал/см<sup>2</sup> в субарктической части района до 65 ккал/см<sup>2</sup> в умеренной [82]. Зимой климатические особенности рассматриваемой территории определяются господством морских воздушных масс и интенсивной циклонической

деятельностью. Характерной чертой зимней погоды является то, что средние температуры зимних месяцев практически одинаковы. Средняя температура января составляет  $-11,3^{\circ}\text{C}$ , Абсолютный минимум температур был зарегистрирован в январе и составляет  $-48^{\circ}\text{C}$ . Безморозный период длится в среднем 97 дней, варьируя от 62 до 148 дней. Первый снег обычно выпадает в конце сентября. Снежный покров устанавливается в начале октября и держится 190 – 200 дней в году. Средняя мощность снежного покрова варьирует от 40 см до 80 см. Такая мощность снега защищает почвы от сильного и глубокого промерзания, но весной из-за медленного таяния снега почвы длительное время находятся в переувлажненном состоянии и долго прогреваются. Проникновение теплого воздуха с Атлантики в зимний период приводит к оттепелям, и перепад температур в этом случае в течение суток может достигать  $47^{\circ}\text{C}$  (от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+7^{\circ}\text{C}$ ). Вторжение же холодных и сухих арктических масс вызывает сильные похолодания (по данным метеостанции Печенга-Никель) [41]. В отличие от зимних характеристик погоды летом наблюдается выраженный период тепла – это июль. Средние многолетние температуры составляет 10 –  $14^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температур составляет  $+33^{\circ}\text{C}$ . Вегетационный период длится всего 110 – 120 дней. Вторжение холодных и сухих арктических масс может приводить к заморозкам (за исключением июля). Осень начинается с первых заморозков, которые приходится обычно на 28 – 31 августа (температура опускается до  $-1 -6^{\circ}\text{C}$ ), но сроки их наступления колеблются в разные годы.

Ветровой режим на рассматриваемой территории также подвержен сезонности. В зимний период преобладают южные и юго-западные ветры, летом – ветры преимущественно северных и северо-восточных направлений. Среднегодовая скорость ветра усиливается с юга – 1,7 м/с – на север – 3,7 м/с – рассматриваемой территории. Наибольшие зарегистрированные скорости ветра достигают 20 – 30 м/с (по данным метеостанции Печенга-Никель) [41]. Близкое расположение Баренцева моря определяет интенсивность и годовое количество осадков. Среднегодовое количество осадков колеблется от 440 до 530 мм.

Основная масса осадков в виде дождей выпадает в июле- августе. В целом же в теплый период года на рассматриваемой территории выпадает 70% годовой суммы осадков. Осенью наблюдается минимум, который приходится на сентябрь. Затем наступает резкое повышение количества осадков в октябре, обусловленное развитием циклонической активности над Баренцевым морем.

*Гидрологический режим.* Сложность геологических и орографических условий, наличие вблизи земной поверхности водоупорной кристаллической основы, большое количество выпадающих осадков и относительно малое испарение наложили свой отпечаток на характер гидрографической сети Кольского полуострова.

Река относится к неизученным. На ней отсутствует государственная наблюдательная гидрометеорологическая сеть. Имеются обрывочные сведения за счет проведения на отдельных участках русла берегоукрепительных работ. Первый их этап проводился в советское время (1980-е г.г.), второй этап – в 2005 и 2008 г.г.

Протяженность реки Воръема составляет 45 км, ширина изменяется от 15 до 25 м. Река порожиста, с бурным течением, изобилует порогами и водопадами. Долина реки узкая, врезанная в кристаллические породы V-образная, на отдельных участках каньонообразная. Среди русловых процессов преобладают свободное меандрирование (разветвление реки на рукава с меандрированием на них), характеризующееся широкой поймой, и ограниченное меандрирование (пойма односторонняя, прерывистая).

Относится к типу рек с преимущественно снеговым типом питания.

В годовом ходе уровня река характеризуется высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью и относительно небольшими подъемами в летне-осенний период, вызываемыми дождями [51].

Для рек данного региона характерно следующее. Максимум весеннего половодья проходит в мае – начале июня. Его высота не превышает 1,5 – 2,5 м. продолжительность половодья в среднем 40 - 70 дней. в годы с дружной весной уменьшается до 20 – 40 дней, при затяжной весне увеличивается до 60 – 100

дней. Характерно наложение дождевых паводков на спад весеннего половодья. Летняя межень кратковременна, сток значительной величины поддерживается в течении всего теплого периода. Наименьший сток наблюдается в конце зимы – в марте – в апреле. Его величина в среднем составляет 1 – 3 л/с\*км<sup>2</sup>. Средний годовой сток 20 л/с\*км<sup>2</sup>. Слой стока за половодье – 360 мм. Среднего многолетнего 30-дневного зимнего стока – 3 л/с\*км<sup>2</sup>. Среднего многолетнего 30-дневного летнего стока – 9 л/с\*км<sup>2</sup> [51].

Образование льда на реке начинается в середине октября – начале ноября и длится около 200 дней. Толщина льда заметно различается на разных участках реки: близ перекатов она достигает 1 см, а у берегов доходит до 1 м. Вскрытие реки происходит в конце апреля, в отдельные годы – середина мая. Ледохода, как правило, не бывает. Однако отмечаются ежегодные заторы льда.

Наличие на водосборе понижений между возвышенностями и моренными холмами, близкое залегание грунтовых вод и постоянно избыточное увлажнение способствует широкому распространению болот. Они имеют преимущественно атмосферное и в меньшей степени грунтовое питание и приурочены в основном к берегам реки, озерам и ручьям.

Весенний сток взвешенных наносов составляет 80 – 90 % от годового. Средняя многолетняя мутность 5,6 г/м<sup>3</sup> [51].

Сток растворенных химических веществ существенно преобладает над стоком взвешенных наносов.

Физико-географические условия территории во многом определяют объем гидрохимического стока вещества.

Геологические, геоморфологические, климатические (особенно температурно-влажностные - за холодный период года, влияющие на характер таяния снега) особенности территории исследований, определяют региональную специфику гидрохимического стока веществ с территории в поверхностные водоемы.

Наличие выхода кристаллических пород на поверхность, относительно крутые склоны, часто не очень высокая мощность рыхлых отложений на

водосборе, обуславливают достаточно высокий модуль водного стока с площади водосборного бассейна, достигающего в отдельных районах 20 л/сек с км<sup>2</sup>. В этих условиях, при сравнительно небольшом количестве снежного покрова, залегающего на водосборе к моменту снеготаяния, и положительной, достаточно высокой, температуры и влажности воздуха, зимне-осенний сток может приближаться к 100% от накопления вещества в снеге. В то же время, при высокой мощности снега и, изменяющейся в течение суток от положительной до отрицательной, температуры воздуха и низкой влажности в течение периода снеготаяния, сток вещества может не превышать и 30% от накопления в снежном покрове [51].

Изменение летне-осеннего стока во времени происходит не так резко, как зимне-весеннего. Практически всегда гидрохимический сток вещества составляет 40-60% от накопления в жидких осадках.

*Почвы.* Развитие почвенного покрова Кольского полуострова связано с неоднократными сменами климатических условий, происходившими в четвертичном периоде. Так же на формирование почвенного покрова оказывают влияние низкие температуры, преобладание осадков над испарением и низкая зольность растительности. Почвенный покров вследствие разнообразия форм рельефа, четвертичных отложений и микроклимата довольно мозаичен. Большая часть почв развивается на песчаных и супесчаных, грубовалунных моренных и водноледниковых отложениях в условиях хорошего дренажа. Преобладающим типом почв являются северо-таежные подзолистые почвы – иллювиально-железистые подзолы с небольшим почвенным профилем – 20 – 50 см, варьирующие на разных элементах рельефа. На пологих склонах, в понижениях, на супесчаной морене в условиях длительного переувлажнения развиваются почвы как с торфянистым горизонтом с признаками оглеения минеральных горизонтов – торфянисто-подзолистые иллювиально-гумусовые глееватые, так и без торфянистого горизонта – глеево-подзолистые иллювиально-гумусовые. Эти почвы также не отличаются сильно развитым профилем – их мощность не превышает 40 см.

Довольна высокая степень заболоченности исследованной территории и близкое залегание грунтовых вод, а также значительная мощность снежного покрова приводят к распространению торфяно-болотных почв. По берегам реки, на морских ингрессионных террасах развиваются дерновые почвы. Их отличительными особенностями является наличие плотной дернины, образуемой корнями такой типичной для этих участков растительности как шведский дерен (*Chamaepericlymenum suecicum* (L.) Asch. & Graebn.), хвощи, кустарнички и разнотравье, размытостью почвенного профиля, тяжелосуглинистым и глинистым механическим составом и высокой влажностью.

*Растительность.* Северная часть Кольского полуострова представлена преимущественно кустарниковой тундрой. Вода в тундре холодная и плохо всасывается растениями. У некоторых растений имеются приспособления для уменьшения испарения воды (опушенность, восковой налет на листьях). Корни растений из-за многолетней мерзлоты не проникают глубоко в почву. Растения низкорослы, прижаты к земле. Зимой снег сдувается сильными ветрами и многие растения погибают от холода. Из-за короткого вегетационного периода в тундре очень много однолетних растений.

В более влажных местах тундры распространены разнообразные мхи, морошка, болотные травы (осока, пушица), голубика, клюква. На сухих открытых пространствах преобладает лишайник - ягель. На участках, защищенных от ветра хороша развита луговая растительность. Повсеместно встречаются густые заросли (ерники) стелющейся полярной ивы и кустарниковой карликовой березки.

Эпизодически можно встретить березу повислую (*Betula pendula* Roth.), чаще всего в сообществах с березой пушистой. Травяно-кустарничковый ярус составляют различные кустарнички (черника, багульник болотный, брусника), хвощи (*Equisetum*). По долинам притоков встречаются березовые разнотравно-кустарничковые леса, где высоты деревьев достигают 10 – 15 м, а травяно-кустарничковый ярус помимо вышперечисленных кустарничков и хвоей

составляют дерен шведский, луговик извилистый (*Avenella flexuosa* (L.) Drejer), линнея северная (*Linnaea borealis* L.) и т.д. [33]. На более возвышенных участках береговых склонов встречаются также березняки зеленомошные с преобладанием брусники, вороники (*Empetrum nigrum* L.) и черники в травяно-кустарничковом ярусе и развитым рябиновым или ивовым подростом.

В ложбинах стока по склонам возвышенностей развиваются эвтрофные болота, отличающиеся богатым видовым разнообразием трав, характерных для всей Фенноскандии, занимающие вогнутые участки рельефа с проточным увлажнением. Представляют собой сочетание гряд и мочажин. Гряды – это аналог олиготрофно-мезотрофных болот, они покрыты бурым сфагнумом (*Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr.) с вороникой, голубикой, подбелом обыкновенным (*Andromeda polifolia* L.), черникой, пушицей влагилищной (*Eriophorum vaginatum* L.), изредка наблюдается примесь сосны. Мочажины же эвтрофны и состоят из обводненного торфа. Они занимают 70% таких болот. В них развиты осоковые и осоково-сфагновые группировки с осокой водной, пушицей узколистной (*Eriophorum polystachion* L.), хвощем болотным (*Equisetum palustre* L.). В центральной части таких болот часто встречаются озерки [33].

Таким образом, проведенный анализ основных факторов формирования русел рек в определенных физико-географических условиях позволяет сделать следующие выводы.

1. Изменения морфологического строения речного русла зависят от географической среды, от конкретных особенностей, характеризующих ландшафт водосбора. От размера водосбора и его формы зависит количество ландшафтных зон, которые входят в границы бассейна, что определяет величины модуля стока и долю относительного участия различных типов выветривания и процессов денудации в формировании количества и состава наносов, поступающих в реки.

2. Специфические природные условия рассматриваемой территории оказывают определяющее влияние на характер русловых процессов рек Аргунь

и Ворьема. Типы и интенсивность русловых деформаций зависят от геологического строения и рельефа, растительного покрова в бассейне, а также от климата, обуславливающего гидрологический и термический режимы рек.

3. Климат бассейна р. Аргунь суровый, резко континентальный, характеризующийся большими суточными и годовыми амплитудами температуры воздуха, неравномерным распределением осадков в течение года. Он определяет большую неравномерность стока воды и наносов, продолжительный период ледостава. Климат бассейна реки Ворьема формируется под влиянием двух разнородных типов воздушных масс - холодных и сухих из Арктики и влажных из Атлантики. Характерными особенностями климата являются: довольно мягкая зима и прохладное лето, постоянно высокая влажность воздуха в течение года, высокая повторяемость пасмурных дней, а также циклонов зимой и антициклонов летом, частые и быстрые изменения погоды при смене направления ветра, в целом определяющие высокое весеннее половодье и повышенный сток в летне-осенний период.

4. По характеру водного режима р. Аргунь относится к дальневосточному типу рек, для которых характерно резко выраженное преобладание дождевого стока (60-80 % годового стока) над снеговым и грунтовым. Для режима реки Аргунь характерно крайне неравномерное распределение стока в течение года. Наибольшая часть годового стока (80 – 85 %) проходит в тёплую часть года (весенне-летний период). Во время прохождения паводков пойма находится под водой, глубина затопления различна вследствие неровности поверхности поймы. Река Ворьема относится к типу рек с преимущественно снеговым типом питания. В годовом ходе уровня река характеризуется высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью и относительно небольшими подъемами в летне-осенний период, вызываемыми дождями.

5. Состав и режим стока наносов рек Аргунь и Ворьема изучены слабо. Суровая малоснежная зима, значительная глубина промерзания, продолжительность затопления паводковыми водами в бассейне реки Аргунь;

наличие вблизи земной поверхности водоупорной кристаллической основы в бассейне Ворьемы, большое количество выпадающих осадков и относительно малое испарение, значительная глубина промерзания – все выше перечисленные особенности физико-географических условия исследуемых водосборов обуславливают интенсивное разрушение поверхностного слоя грунтов, а сильные ветры в весенний период способствует переносу мелких по составу частиц, обеспечивая специфические условия формирования стока наносов.

## Глава 2. Русловые процессы рек и их типизация

### 2.1. Русловые процессы и факторы определяющие их

Русловые процессы – совокупность явлений, связанных с взаимодействием водного потока и грунтов, слагающих ложе реки, эрозией, транспортом и аккумуляцией наносов, определяющих размывы дна и берегов рек, развитие различных форм русел и форм руслового рельефа, режим их сезонных и многолетних изменений [37]. Их действующей силой являются водные потоки, возникающие при сочетании таких условий, от которых зависит водность рек и их режим, продольный уклон, крупность и концентрация наносов, податливость эрозии пород, слагающих их коренное ложе, т.е. все основные элементы, определяющие интенсивность и особенности развития русловых процессов. Отсюда следует, что русловые процессы зависят от географической среды, от конкретных особенностей, характеризующих ландшафт водосбора.

Климатические факторы формирования стока, геоморфологическое строение территории и характер слагающих пород, почвенно-растительный покров, современные тектонические движения и колебания отметок базисов эрозии являются основными естественными факторами русловых процессов. Своеобразие сочетаний этих факторов определяют различия в формах, интенсивности и направленности проявления процессов развития русел рек в разных регионах.

Степень проявления каждого из названных факторов изменяется в зависимости от размеров бассейна и соотношения с другими факторами. Чем больше площадь водосбора, тем равномернее сток реки и тем меньшую эрозионно-транспортирующую работу выполняет единица объема воды. От размера водосбора и его формы зависит количество ландшафтных зон, которые входят в границы бассейна, что определяет величины модуля стока и долю относительного участия различных типов выветривания и процессов денудации в формировании количества и состава наносов в реках. Все это делает русловой

процесс сложным многофакторным явлением, тесно связанным с природными особенностями территории, по которой протекает река [37].

Главные факторы естественного руслового процесса – сток воды, геологическое строение местности, сток наносов. Вместе с тем на руслоформирование оказывают влияние и другие факторы, носящие временный или местный характер: ледовые явления, ветер, растительность и др. Все эти факторы сложно взаимодействуют и в ряде случаев связаны между собой причинно-следственными связями.

В таблице 2.1 все природные факторы русловых процессов разделены на две группы в зависимости от их роли в русловых процессах [67]. К активным относятся сток воды и его изменчивость во времени, определяющие сам процесс руслоформирования. Пассивные факторы – внешние по отношению к потоку, определяющие форму продольного профиля, его состояние, насыщенность наносами и их крупность и т.д. При этом форма воздействия пассивных факторов на русла рек и русловые процессы двоякая. Она может быть прямой, соответствующей условиям непосредственного воздействия их на поток. Косвенная форма определяет опосредованное воздействие факторов на русловые процессы через промежуточные звенья, виды воздействия или другие факторы. Например, почвенно-растительный покров, от которого зависит развитие эрозионных процессов и условия поступления их продуктов в речную сеть. Растительность на пойме также определяет гидравлику пойменных потоков.

Водные потоки, возникая при определенных условиях формирования стока, имеют различную водность и неодинаковый водный режим. Они отличаются по величине продольного уклона, крупности и составу поступающих с водосбора и непосредственно при размыве берегов и дна наносов и их концентрации, составу подстилающих пород и их противозерозионной стойкости и т.д. На них существенно влияет почвенно-растительный покров, регулирующий режим стока и условия поступления наносов в русла рек.

Таблица 2.1 Классификация факторов русловых процессов [67]

Форма проявления	Факторы	Форма Воздействия	Основные характеристики
1	2	3	4
Активная	Сток воды	Прямая	Водоносность Водный режим
	Сток наносов	Прямая	Мутность, расходы влекомых и взвешенных наносов
			Режим стока наносов
			Соотношение взвешенной и влекомой составляющих
Пассивная	<b>Основные</b>		
	Аллювиальные отложения, слагающие русло и пойму	Прямая	Гранулометрический состав отложений
			Плотность отложений
	Геологическое строение водосбора и долины	Прямая	Литология пород, слагающих дно и берега рек и их противоэрозионная стойкость
		Косвенная	Литология пород, слагающих бассейны рек и их противоэрозионная стойкость
			Геологическая структура и тектонические движения
	Геоморфологическое строение водосбора и долины	Прямая	Ширина и форма дна долины
			Продольный профиль реки
			Морфология долины
			Распространение, ширина и высота поймы
	Морфология русла	Прямая	Формы русла и руслового рельефа
	Ледовый режим	Прямая	Ледоход, заторы, зажоры
Транспортировка льдом твердого материала			
Воздействие льда на берега и дно рек			
	<b>Прочие</b>		
	Почвенно-растительный покров	Прямая	Растительность на обсыхающих частях русла
			Растительность на берегах
			Водная растительность
		Косвенная	Почвы и растительность на пойме
			Почвы и растительность в бассейне реки
	Метеорологические	Прямая	Ветроволновой режим, сгоны, нагоны
			Развевание обсохших прирусловых отмелей
Косвенная		Образование дюн на пойме	
		Режим осадков и снеготаяния	

1	2	3	4
Пассивная	Мерзлота	Прямая	Многолетнемерзлые грунты на дне и берегах Сезонное промерзание прирусловых отмелей и мелководных участков русла
		Косвенная	Многолетнемерзлые грунты в бассейне реки
	Склоновые и эрозионные процессы	Прямая	Непосредственное поступление продуктов эрозии почв и овражной эрозии в русла рек
			Оползни, осыпи, обвалы на берегах Сели
		Косвенная	Эрозионные процессы в бассейне реки Склоновые процессы в бассейне реки
	Биогенные	Прямая	Непосредственное воздействие живых организмов на русла рек (деятельность бобров, рыб, бентоса; разрушение берегов в местах водоемов крупных животных и т.д.)
		Косвенная	Биохимическое подводное выветривание

Сток наносов составляет сущность русловых процессов, определяя образование и эволюцию форм русла и форм руслового рельефа. При наличии потока сток наносов обязательно осуществляется в той или иной форме. Движущиеся вместе с потоком частицы сами воздействуют на ложе реки, корродируя его, способствуя отрыву других, находящихся в состоянии покоя частиц, и, попадая в толщу потока, изменяют его физические свойства, и, как следствие, обеспечивают размывающую и транспортирующую способность [36, 55].

С другой стороны, сток наносов формируется в результате, во-первых, воздействия потока на дно и берега реки и, во-вторых, поступления наносов с водосбора вследствие эрозионных, склоновых и других денудационных процессов. Это создает впечатление пассивного характера стока наносов, поскольку его возникновение является производной деятельности водных потоков. Тем не менее, сток наносов – активный фактор русловых процессов [68]. Сток воды как основной активный фактор руслового процесса определяет размеры русла (например, ширина русла и размеры его излучин

приблизительно пропорциональны корню квадратному из расхода воды, а глубина пропорциональна корню кубическому из расхода воды). Под стоком воды в данном случае понимаются объем годового стока и особенности его внутригодового распределения [6].

Поскольку максимальный расход воды зависит от площади водосбора, то условия руслоформирования изменяются по длине реки. Рост площади водосбора и соответственно водности потока происходит в основном скачкообразно, при впадении притоков. Так как водность потока и твердый сток реки связаны между собой степенными зависимостями [34], то слияние рек обуславливает резкое изменение эрозионной и транспортирующей способности объединенного потока и, как следствие, изменение направленности руслоформирующей деятельности реки.

Динамика русловых процессов во многом зависит от того, с какой интенсивностью и насколько в сезонном и многолетнем разрезе изменяется количество воды, которое протекает по руслу. С увеличением расхода воды поток формирует относительно более крупные излучины, углубляет плесы, образует массивные отмели. При уменьшении расхода поток, напротив, откладывает наносы в плесах, а на перекатах прорезает между побочными борозды. Таким образом, поток половодья перерабатывает формы руслового рельефа, созданные в межень, а меженный поток – формы, созданные в половодье.

При прочих равных условиях, чем меньше относительная величина изменений стока, тем стабильнее рельеф речного русла. Временное снижение интенсивности русловых деформаций обычно наблюдается в годы с очень низким половодьем. В многоводные годы интенсивность русловых деформаций увеличивается [52].

Геологическое строение, в том числе литология горных пород, и рельеф территории оказывают влияние на форму долины и продольного профиля реки, состав речного аллювия и устойчивость русла. На основании данных о геологическом строении территории выделяются районы свободного и

ограниченного развития русловых деформаций. В первом случае реки, ложе которых сложено слабоустойчивыми к размыву породами, имеют широкопойменные долины, в пределах которых блуждают водные потоки, разветвляясь на рукава или меандрируя. Блуждание речного русла наблюдается и в случае, когда дно долины сложено более устойчивыми против размыва породами, чем берега.

Ограниченное развитие русловых деформаций проявляется у рек, прорезающих скальные кристаллические породы. В плане такие реки характеризуются приуроченностью направлений русла и долины крупным трещинам или тектоническим нарушениям. Русла рек в этом случае формируются часто в беспойменных, узких, глубоко врезаемых долинах [63].

Одним из важных факторов, определяющим морфологию речного русла является сток наносов, формирующийся из материала, который приносится в реку притоками, оврагами, склоновым стоком, ветром, различными гравитационными процессами, а также поступает за счет размыва своего ложа [24, 35]. Часть переносимого рекой материала образует так называемые грядовые (аккумулятивные) формы рельефа русла (перекаты, осередки, побочни, косы и др.), перемещающиеся по длине реки, размывающиеся и вновь возобновляющиеся. Амплитуда сезонных изменений отметок гребней перекатов находится в прямой зависимости от мутности потока. Чем больше последняя, тем меньше глубина на перекатах во время паводков, так как темпы аккумуляции на них превышают приращение уровня воды.

Состав и размеры гряд отвечают характерным фазам гидравлического режима речного потока: крупные скопления с медленным перемещением их вниз по течению (побочни и осередки) отвечают максимальным расходам воды в реке, наиболее мелкие – условиям меженного периода [22, 24, 68].

В общем случае сток наносов  $W$  влияет на русловые процессы через изменение соотношения между  $W$  и транспортирующей способностью потока  $W_{тр}$ . При  $W_{тр} = const$  увеличение стока речных наносов сопровождается их аккумуляцией ( $W < W_{тр}$ ), ростом объема речных отложений, а уменьшение ( $W >$

$W_{тр}$ ) – размывом дна и берегов рек, уменьшением объема отложений [22]. Это является причиной вертикальных (размыв – аккумуляция, понижение – повышение отметок дна) и горизонтальных (размыв берегов, образование прирусловых отмелей) русловых деформаций.

Климатические условия бассейнов рек, в которых они расположены, определяют специфику стока рек и его режима. В тоже время некоторые элементы климата и метеорологические особенности территорий сказываются в развитии русел опосредованно, через воздействие на поток, грунты, слагающие русла рек, и возникающие при этом явления.

Ветер существенно влияет на русловые процессы при большом размере рек, на реках меньших размеров ветро-волновые условия возникают в многоводные фазы режима, когда под водой разливов оказываются острова и широкие поймы. Возникающие на реках волны разрушают берега, ветровые течения развевают прирусловые отмели и формируют дюнные гряды вдоль наветренных пойменных берегов [37].

Ледовый режим оказывает заметное влияние на русловые процессы на реках, где формируется зимой мощный ледяной покров. Для них характерны весенние заторы, образующиеся в крутых излучинах, разветвлениях русла, узлах слияния с притоками, на перекатах. В результате образования временного ледяного барьера поток разрабатывает обходные рукава. При прорыве затора образуется мощная, быстро перемещающаяся волна, обладающая огромной разрушительной силой и производящая размывы русла. При ледоходе плывущие льдины, взаимодействуя с берегами, вызывают их разрушение [18]. На вогнутых излучинах русла льдины нередко образуют прибрежные валы, состоящие из крупных глыб [39].

Многолетнемерзлые грунты, распространенные на реках криолитозоны в местах промерзания их русел до дна, оказывают ограничивающее воздействие на русловые деформации. Мерзлота цементирует аллювиальные отложения, которые становятся исключительно устойчивыми к размыву, сравниваясь по прочности со скальными горными породами. В размыве берегов, сложенных

мерзлыми грунтами, большое значение имеет термоабразионный эффект, который обуславливает специфические формы их динамики при подмыве потоком. Обычно на реках в зоне распространения мерзлоты происходит образование ниш на уровне межженного горизонта воды, благодаря которым обрушение берегов происходит крупными блоками, временно, до полного их оттаивания [1].

Растительность на водосборе, особенно лесная, способствует снижению максимальных расходов половодий и паводков, а также некоторому увеличению водности межени. Сведение естественной растительности, распашка земель и сопутствующая им эрозия почв обуславливают избыточное поступление в реки наносов, что приводит к заилению русел малых рек, увеличению мутности в крупных реках.

Специфическое воздействие на русловые процессы оказывает растительность на берегах рек. Скрепление почвогрунтов корнями растений и зарастание поймы стабилизируют русла рек, так как при меньшей высоте поймы корневая система проникает на большую часть или на весь уступ, предохраняя его от размыва. При подмыве рекой залесенных пойменных берегов упавшие деревья ложатся на их уступы, скапливаются вдоль них, переплетаются корнями и кронами, что предохраняет берега от размыва.

Однако во время паводков упавшие деревья плывут, и при прижиме потока к берегу, упираясь в него, оказывают разрушающее воздействие, подобно воздействию ледохода [19]. На изгибах и разветвлениях русла, на перекатах могут формироваться лесные заломы, которые способствуют обмелению рек, так как полностью нарушают транспорт наносов потоками, вызывая их аккумуляцию, либо способствуют активизации размыва берега, вследствие отклонения динамической оси потока. В отдельных случаях заломы являются причиной формирования многорукавных русел рек [39].

Таким образом, главными факторами естественного руслового процесса являются сток воды и наносов, геологическое и геоморфологическое строение территории. Вместе с тем на руслоформирующие процессы оказывают влияние

и другие факторы, носящие временный или местный характер: ледовые явления, многолетняя мерзлота, ветер, растительность и др. Все природные факторы разделены на две группы в зависимости от их роли в русловых процессах: активные и пассивные. К активным факторам относятся сток воды и его изменчивость во времени, а также сток наносов, определяющий образование и эволюцию форм русла и морфологию руслового рельефа. Пассивные факторы – внешние по отношению к потоку, определяют форму продольного профиля, кинематику потока, его состояние, насыщенность наносами и их крупность и т.д.

## 2.2. Принципы и подходы к классификации речных русел

Вопросы типизации речных русел неоднократно рассматривались в отечественной и зарубежной литературе. В разработке существующих отечественных классификаций речных русел, опирающихся на разные признаки, принимали участие такие ученые, как М.И. Львович, М.А. Великанов, Н.И. Маккавеев, С.Т. Алтунин, В.Ф. Талмаза, А.Н. Крошкин, К.И. Россинский, И.А. Кузьмин, И.В. Попов, Н.Е. Кондратьев, Н.А. Ржаницын, Р.С. Чалов и др.

Накопление информации о формах русел, особенностях их деформаций, расширение географии исследований, применение новых методов изучения русловых процессов приводили к совершенствованию ранее предложенных классификаций, их дополнению, разработке новых классификационных схем.

Большое значение морфологии русла придавалось в геоморфологической литературе, посвященной работе рек как рельефообразующему процессу. Так, А.Н. Краснов более 100 лет назад различал два типа излучин – извилины, формирующиеся, «если река течет по рыхлой породе» [29] и закрепленные меандры, что соответствует свободным и врезанным излучинам в современной терминологии. Позднее И.С. Щукин [69] выделил первичные излучины (меандры) – изгибы реки, связанные с особенностями рельефа земной поверхности, и вторичные, формирующиеся в результате работы самого

водного потока. В отдельную группу он отнес реки, разделенные островами на рукава.

Существующие классификации речных русел опираются на разные признаки:

- 1) устойчивость русла независимо от морфологического типа русла и вида его переформирований;
- 2) развитость и формы грядового рельефа русла;
- 3) морфология перекаатов;
- 4) кинематика потока, уклон русла и формы транспорта наносов;
- 5) морфология русла и соответствующий вид горизонтальных деформаций.

Одна из первых классификаций по устойчивости русла была разработана М.И. Львовичем [32], который разделил русла рек на устойчивые и неустойчивые. Впоследствии было предложено несколько модификаций этой классификации. Например, М.А. Великанов [11] выделял уже четыре типа русла по устойчивости: 1 – реки повышенной устойчивости; 2 – реки нормальной устойчивости; 3 – равнинные реки пониженной устойчивости; 4 – неустойчивые реки.

Аналогичную классификацию предложил Н.И. Маккавеев [35], выделивший русла: устойчивые, относительно устойчивые, мало устойчивые и неустойчивые. Впоследствии этот перечень типов русел был дополнен абсолютно устойчивыми и абсолютно неустойчивыми руслами [66]. Одновременно предпринимались попытки связать устойчивость русла с условиями развития на реках тех или иных морфологических типов русла.

По степени развитости грядовых аккумулятивных форм руслового рельефа (классификации второй группы) наиболее общим является выделение на реках перекаатных и плесовых участков, образование которых связано с изменением форм транспорта руслоформирующих наносов во время прохождения руслоформирующих расходов воды. Н.И. Маккавеев [34] перекаатные участки русел рек разделил на два основных типа: 1) образующиеся в районах глубинной эрозии; 2) образующиеся в районах боковой эрозии.

В настоящее время существует большое число классификационных схем для самих перекатов, в которых типы перекатов выделяются по различным признакам (размерам, морфологии, генезису, скорости перемещения вдоль русла, режиму переформирования, сезонным изменениям глубины и т.д.). Так, в классификации ГГИ [28] побочный и ленточно-грядовый типы русел по существу представляют собой различные формы грядовых образований, преобладающих в русле и составляющих в совокупности перекаты.

Впервые на различия в особенностях гидрологического и гидравлического режимов горных и равнинных рек обратил внимание В.М. Родевич. Впоследствии Н.И. Маккавеев и С.Т. Алтунин обосновали необходимость выделения трех классов речных русел – горных, полугорных и равнинных рек, различающихся кинетичностью водных потоков, неодинаковой морфологией русел и форм руслового рельефа и принципиальным отличием руслоформирующей деятельности потоков при больших и малых продольных уклонах. Аналогичный подход по отношению к русловым процессам на горных реках применили В.Ф. Талмаза и А.Н. Крошкин [58], которые разделили их на участки, каждому из которых соответствует особый тип русловых процессов, обоснованный гидроморфологическими характеристиками, описанием движения речных наносов (табл. 2.2).

На равнинных реках с преобладанием грядовой формы перемещения донных наносов формируются русла различных морфодинамических типов, среди которых преобладающими являются излучины (меандрирование). Свободные излучины наиболее распространены на широкопойменных реках в условиях свободного развития русловых деформаций. В районах пересечения реками структурных, холмисто-моренных и других возвышенностей преобладают врезанные русла.

Типы русел горных рек и соответствующие им гидроморфологические характеристики [30, с дополнениями]

Участок	$H/d$	$I, \%$	$C$	$Fr$	Движение наносов	Тип русла	
						по ГГИ [Кондратьев, Лялин и др., 1959]	по МГУ [Чалов, 1968, 1979]
Высокогорный	< 1	>100	< 10	> 1,2	Безгрядовое	Немеандрирующее	Порожисто-водопадное
Горный	1-3	100-20	10-20	1,2-0,8	Безгрядовое	Немеандрирующее, аллювиальное	Горное с неразвитыми аллювиальными формами
Горно-предгорный	3-30	20-2	20-40	0,8-0,3	Безгрядовое переходное	Немеандрирующее, ограниченное меандрирование, разбросанное	Горное с неразвитыми, горное с развитыми аллювиальными формами
Предгорно-равнинный	30	< 2	> 40	< 0,3	Переходное грядовое	Ограниченное и свободное меандрирование, разветвленное	Горное с развитыми аллювиальными формами, полугорное

Последняя группа объединяет классификации русел рек по их очертаниям (морфологии) и соответствующим им горизонтальным деформациям. Такие классификации по своей сути являются морфодинамическими [64] или гидролого-морфодинамическими, поскольку развитие тех или иных форм русла определяется водностью потока, стоком и формой грядового движения наносов.

Впервые типизация рек по морфологии русел была предложена К.И. Россинским и И.А. Кузьминым [56] которые выделили три основных типа русел – прямолинейные (соответствующий тип деформаций – периодическое расширение), извилистые (развитие излучин, меандрирование) и разбросанные (блуждание). Эта классификация относится к равнинным рекам, русла которых формируются в условиях свободного развития русловых деформаций, т.е. в широкопойменных долинах. Причины развития каждого вида деформаций они видели в определенном сочетании геолого-геоморфологических факторов и гидравлических характеристиках потока.

Попов И.В. [46] типизировал русла по изменениям во времени их очертаний: 1) меандрирование или формирование излучин; 2) перемещение прямолинейных участков русла параллельно самим себе на значительном протяжении; 3) перемещение русла за счет перераспределения стока по рукавам и формирование островов; 4) блуждающие русла с быстрым перемещением потока из одного рукава в другой при неустойчивых грунтах. В предложенной классификации автор попытался охватить в едином перечне типов русла максимально возможное их разнообразие, в том числе на реках, где деформации относительно замедлены и проявляются только на протяжении длительных отрезков времени.

Этот подход разделял Н.И. Маккавеев, выделивший меандрирующие и немеандрирующие русла, а среди последних – прямолинейные и разветвленные на рукава, т.е. извилистость русла принималась им в качестве ведущего классификационного признака.

Учет условий транспорта наносов и транспортирующей способности потока привел к тому, что во второй половине XX в. появились новые подходы к классификации речных русел. К ним относится классификация ГГИ, разработанная Н.Е. Кондратьевым и И.В. Поповым [28], в которой типы русла (русловых процессов) располагаются в определенной последовательности: 1) ленточно-рядовой (один из простейших форм транспортировки потоком донных наносов, при котором ленточные ряды (песчаное рядообразное скопление речных наносов, занимающих, как правило, всю ширину русла) перемещаются по руслу рек); 2) побочный (являющийся эволюционированным ленто-рядочным типом, которые в данном случае выглядят перекошенными из-за смещения ряд в период половодья); 3) меандрирование ограниченное (развивается, как правило в условиях стеснения русла склонами долины реки из-за повышенной устойчивости берегов); 4) меандрирование свободное (процесс подмывания одного берега и смещение русла реки в подмываемую сторону; в процессе свободного меандрирования, русло реки искривляется и приобретает большую

извилистость); 5) меандрирование незавершенное (является следствием процессов свободного меандрирования на реках; оно характеризуется появлением второго спрямляющего русла, т.е. русло реки, по инерции промывает берега по прямой; незавершенное меандрирование характеризуется наличием стока как на изгибе, так и на спрямляющем русле); 6) пойменная многорукавность (общее название различных типов русел, через которые одновременно проходит сток; главные протоки могут быть соединены вторичными, третичными и так далее, создавая в итоге единую водную сеть, внутри которой, могут развиваться абсолютно любые формы русловых процессов); 7) осередковый тип или русловая многорукавность (процесс русловых деформаций в, результате которых, на реке появляется одно широкое русло в период половодья, которое в период летней межени делится на рукава) (рис. 2.1).

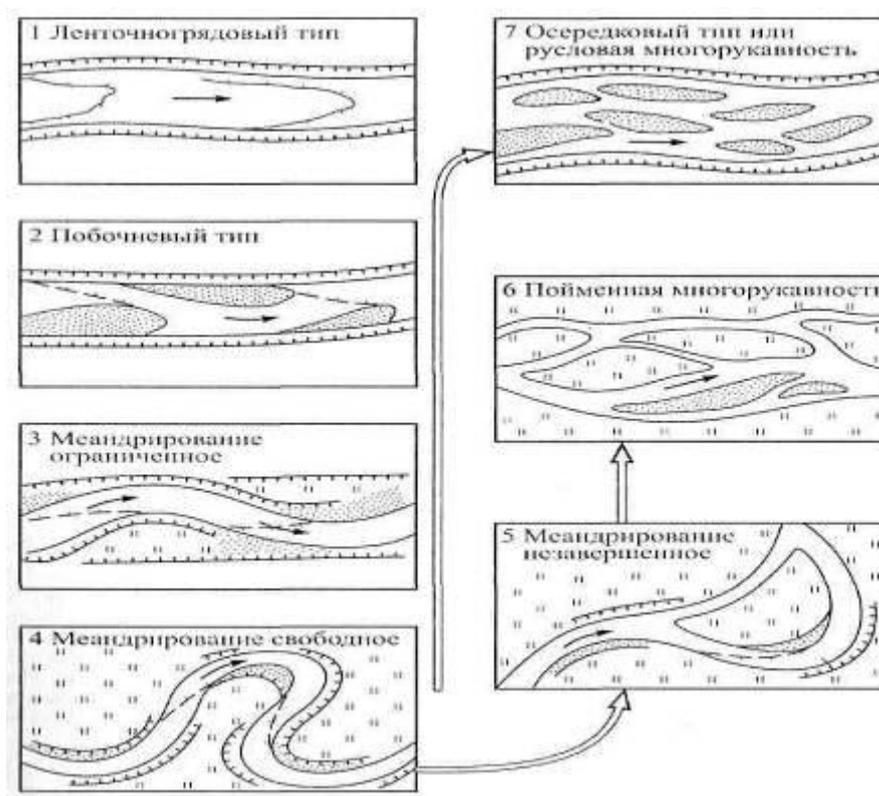


Рисунок 2.1 Типы русловых процессов (по классификации ГГИ) [28]

Эта последовательность типов русла образует закономерный ряд, соответствующий, по мнению авторов, изменению транспортирующей способности потока. С другой стороны придание извилистости русла функции

ведущего классификационного признака обуславливает то, что меандрирование представлено тремя типами русла, а если учесть, что при развитии побочной динамическая ось потока в межень оказывается также извилистой, - четырьмя, тогда как разветвленные русла даются очень обобщенно, и лишь есть ссылка в тексте на то, что они очень многообразны; прямолинейные русла отсутствуют, хотя к ним можно отнести типы русла, выделенные по формам руслового рельефа (ленточным грядам, побочням, осередкам).

Такая ограниченность классификации (на это обращал внимание сам Кондратьев Н.Е.), учет только русел равнинных рек и преимущественно тех, которые формируются в условиях свободного развития русловых деформаций (при отсутствии ограничивающих факторов руслового процесса, по терминологии авторов), приводят к тому, что при ее применении вводятся новые, внеклассификационные типы.

Позднее Н.А. Ржаницын [53] выделил «типы русловых режимов»: 1) глубинное врезание, русло слабоизвилистое, прямолинейное, врезанное в коренные породы; 2) неразвитое меандрирование – переходная стадия от врезания к свободному меандрированию; 3) свободное меандрирование; 4) разветвление – аккумуляция наносов; 5) блуждание – аккумуляция и интенсивная боковая эрозия, непрерывное перемещение русла; 6) дельтовые процессы. Достоинством этой классификации является соотношение каждого выделенного им типа с равнинными и горными реками.

Последней из предложенных отечественных классификаций русел рек является морфодинамическая классификация, разработанная Р.С. Чаловым [65]. Она является развитием схемы, предложенной Н.И. Маккавеевым и Р.С. Чаловым, которая неоднократно уточнялась и получила известность как классификация МГУ. В ней учтены, с одной стороны, особенности взаимодействия потока и русла в свободных и ограниченных условиях развития русловых деформаций, определяемых геолого-геоморфологическим строением долин рек. С другой стороны, она учитывает различия в механизме русловых процессов (взаимодействие потока и русла, форма транспорта наносов) на

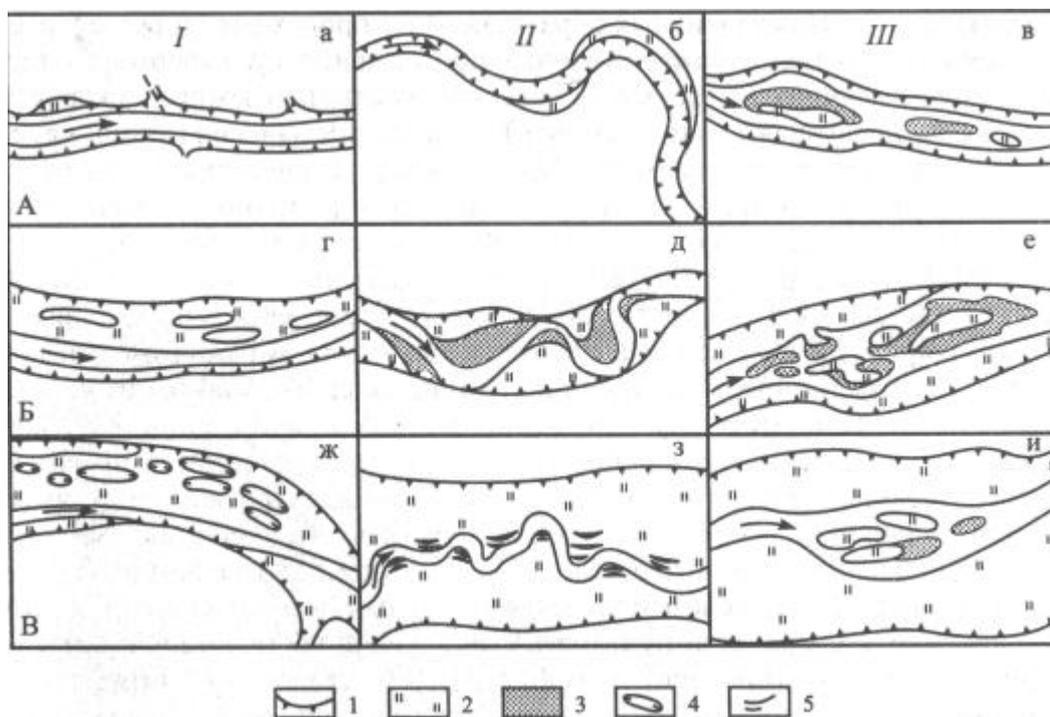
горных, полугорных и равнинных реках. В связи с этим для каждого из основных морфодинамических типов (меандрирующее, извилистое; разветвленное на рукава; относительно прямолинейное, неразветвленное) русло может быть широкопойменным, врезанным и адаптированным, равнинным, полугорным и горным.

Механизмы и специфика взаимодействия потока и русла, форм транспорта наносов, составляющие сущность русловых процессов, изменяются в широких пределах в зависимости от водоносности рек, особенностей их водного режима, кинематики потока и величины продольного уклона, крупности и величины стока руслообразующих наносов. Это создает большое разнообразие условий формирования речных русел, обуславливает развитие русловых процессов разных типов и их проявлений в виде речных русел с различной морфологией и неодинаковым режимом деформации при различных сочетаниях природных (а в настоящее время и антропогенных) факторов в разных регионах.

Особенности развития русла того или иного морфодинамического типа неодинаковы в разных геолого-геоморфологических условиях. В связи с этим выделяются (рис. 3.1): А - врезанные (беспойменные) русла, соответствующие ограниченному развитию русловых деформаций; среди них существуют две разновидности, связанные с литологией горных пород - в скальных породах и в пластичных породах; Б - адаптированные русла - промежуточный тип между врезанными и широкопойменными руслами, развивающийся в узких долинах; В - широкопойменные русла, соответствующие свободному развитию русловых деформаций.

*Врезанные русла* образуются в условиях ограниченного развития русловых деформаций. Формируясь часто в беспойменной долине или при небольшой ширине поймы (соизмеримой с шириной русла), они имеют берега, сложенные трудноразмываемыми породами. Если последние являются скальными, то руслообразующие наносы, как правило, представлены галечным или галечно-валунным материалом, что определяет высокую устойчивость

русел. Перемещение наносов происходит только во время высоких паводков и полностью прекращается в межень. Наиболее крупный материал формирует побочни и осередки, которые находятся в стрежневой зоне потока. Плесы на таких реках оказываются в периферических частях русла и отличаются большими глубинами.



А - врезанные; Б - адаптированные; В - широкопойменные; I - относительно прямолинейное, неразветвленное; II - извилистое (меандрирующее); III - разветвленное на рукава; а - р. Юг у с. Васильево; б - р. Поной у впадения р. Лопенярки; в - р. Сухона у г. Тотьмы; г - р. Дон у с. Ку-ляшовки; д-р.Гауя у г.Цесиса; е - р.Северная Двина выше впадения р.Ваги; ж - р. Ока у г. Щурово; з - р. Жиздра у с. Павлове; и - р. Печора у с. Великановысочного.

Условные обозначения: 1 - борта долины; 2 - пойма; 3 - крупные отмели, обсыхающие в межень; 4 - озера на пойме; 5 - гривистый рельеф на пойме

Рисунок 2.2 Морфодинамические типы русел в разных геолого-геоморфологических условиях развития русловых деформаций [64]

Специфической особенностью врезанных русел в областях распространения кристаллических горных пород являются скальные выступы на дне, которые, создавая подпор, способствуют образованию галечно-валунных перекатов. С ними связаны каменистые осередки-огрудки, шиверы, сужающие поток и способствующие возникновению участков с очень большими скоростями течения (быстрин). Если врезанное русло

сформировано в пластичных горных породах, то его очертания (прямолинейное русло, излуины) являются результатом исторического или геологического развития форм русла на фоне достаточно активной глубинной эрозии реки. Оно сопровождается обычно узкими поймами, занимающими часть шпоры излуины, ограниченного руслом, или тянутся узкой полосой вдоль одного из берегов прямолинейного русла.

*Широкопойменные русла* соответствуют условиям свободного развития русловых деформаций. Преимущественно песчаный состав руслообразующих наносов и податливость размыву берегов обуславливают наибольшее разнообразие форм русла, соответствующих тем или иным его морфодинамическим типам.

В наиболее общей форме среди широкопойменных русел выделяется три основных типа - извилистые (свободные излуины), разветвленные на рукава и неразветвленные, относительно прямолинейные. Они сопровождаются вполне определенными видами горизонтальных русловых деформаций, что позволяет по форме русла в плане судить в общих чертах о режиме его переформирования: извилистым руслам соответствует процесс развития излуин - свободное меандрирование, вследствие чего они называются также меандрирующими. Разветвленные на рукава русла возникают в результате образования осередков, их превращения в острова, объединения островов и деления потока по рукавам, что влечет за собой изменение транспортирующей способности потока. Для прямолинейных неразветвленных русел характерно смещение русла параллельно самому себе в сторону одного из берегов либо периодические местные размывы или наращивания берегов при сохранении в многолетнем разрезе общей прямолинейности очертаний русла.

*Адаптированные русла* формируются в относительно узких долинах, вследствие чего при разливе воды по пойме доля расхода воды, протекающей в русле, остается большей или равной пойменной части. Это отличает их от широкопойменных русел, в которых в многоводную фазу режима остается меньшая доля расхода, и врезанных, где расход воды полностью сосредоточен в

русле во все фазы водного режима. В результате возникают различия в транспортирующей способности потока, что создает специфику деформаций русел каждого морфодинамического типа.

В основе морфодинамической классификации речных русел лежит, наряду с их морфологией, вид русловых деформаций, характеризующий изменения рисунка (очертания) русла и его смещения благодаря размывам одних и намывам других берегов. Этот вид русловых переформирований представляет собой горизонтальные деформации [63].

Наряду с этим при взаимодействии потока и русла, в процессе эрозии, транспорта и аккумуляции наносов происходят размывы дна и понижение его отметок или накопление наносов и повышение дна русла, т.е. осуществляются вертикальные русловые деформации. Вместе с тем и горизонтальные и вертикальные деформации сопровождаются образованием, смещением и пространственно-временной трансформацией грядовых форм руслового рельефа, обеспечивающих как транспорт влекомых наносов, так и непрерывные изменения отметок дна.

Каждой из основных групп русловых деформаций соответствуют различные пространственно-временные масштабы развития: направленные, периодические и текущие, с одной стороны, и общие (фоновые), местные и локальные – с другой. Направленные деформации связаны с наиболее общими условиями руслоформирования и развиваются в течение вековых, исторических и геологических отрезков времени. Периодические деформации обуславливаются сезонными или многолетними колебаниями водности реки и развитием русловых форм. Текущие деформации связаны, как правило, с грядовым движением наносов.

Русловые деформации каждого из видов могут проявляться по всей реке в целом или на участках значительного протяжения, представляя собой общие деформации, либо на ограниченных по длине отрезках русла, что соответствует местным или локальным деформациям. В зависимости от распространения по

длине реки вверх или вниз по течению русловые деформации являются регрессивными или трансгрессивными.

Все виды деформаций достаточно сложно взаимодействуют друг с другом, либо полностью определяя развитие одного или нескольких других видов, либо оказывая на них только опосредованное косвенное воздействие. Некоторые виды деформаций связаны между собой прямыми связями, другие же имеют четкие второстепенные связи.

Специфика русловых деформаций на равнинных, полугорных и горных реках в существенной степени зависит от морфодинамического типа русел: относительно прямолинейного неразветвлённого, извилистого (меандрирующего), разветвлённого и их разновидностей. Большая часть длины русел представлена излучинами, испытывающими продольное и поперечное смещение. Доля относительно прямолинейных неразветвлённых русел и русел с одиночными разветвлениями больше по сравнению с долей разветвлений остальных типов, морфологически более сложных. Широкопойменные русла равнинных рек извилистые (77%) около 14% их длины – неразветвлённые, относительно прямолинейные, 8% – русла рек разветвлённые. Для врезанных русел прямолинейная форма характерна для 30% их длины, излучины для 58%, разветвления – для 12% их длины [2, 64, 67].

На реках России и сопредельных стран горные, полугорные и равнинные типы русла распространены на соответственно 3,9, 21,6 и 74,5% протяжённости рек с длиной  $L \geq 500$  км. Для русел горных типов в основном характерна небольшая интенсивность русловых деформаций вследствие преобладания ограниченных условий их развития. В несколько меньшей мере это характерно и для полугорных рек (соответственно 84% длины горных и 62% длины полугорных рек). Равнинные реки характеризуются преимущественно свободными условиями развития русловых деформаций. Они утрачиваются на участках врезанного (оба берега являются коренными, пойма узкая –  $B_p < b_p$ ) или отсутствует и адаптированного (один берег сложен коренными породами,  $b_p < B_p < 3-5 b_p$ ) русла равнинных рек.

Таким образом, русловые деформации являются наиболее наглядной результирующей формой проявления русловых процессов и именно благодаря им каждая река приобретает присущий ей рисунок русла.

## Глава 3. Типизация русловых процессов участков рек Аргунь и Ворьема

### 3.1 Русловые процессы и морфодинамические типы русловых процессов реки Аргунь

*Методы исследований.* Одним из надежных способов оценки плановых деформаций русел рек является использование картографического материала за разные годы. Эти материалы дают возможность точно установить изменения в конфигурации излучин, определить места наиболее интенсивных размывов берегов, выявить максимальные скорости размыва берегов.

Данный способ был применен при выявлении особенностей русловых деформаций р. Аргунь на разных участках ее течения.

Особое внимание уделялось положению фарватера, т.к. он выполняет роль государственной границы между Россией и КНР. Стоит отметить, что положение фарватера довольно часто меняется из-за развития русловых деформаций. Особенно часто эти изменения прослеживаются на участках рек с типами руслового процесса русловая или пойменная многорукавность [7, 28]. В этих случаях из-за перемещения русловых образований, спрямления излучин и других деформаций речного русла, фарватер может изменить своё положение, чаще всего при пропуске высоких и особенно катастрофических паводков [8]. Подобное наблюдается и при меандрирующих типах руслового процесса, таких как свободное, незавершённое или ограниченное. Однако, особенно часто фарватер изменяет своё положение (в течение месяца, а иногда и нескольких дней) при подтипе руслового процесса – блуждающие русла [7, 8]. Следствием этого является и смещение государственной границы от одного склона долины к противоположному, что иногда сопровождается переходом одного или нескольких довольно крупных островов под юрисдикцию сопредельного государства.

Так, в целях урегулирования русско-китайских отношений в августе 1689 г. состоялись переговоры, по итогам которых была составлена ландкарта и граница между обоими государствами, которая была установлена по р. Аргунь

на всем ее протяжении, а Аргунский острог в 1690 г. был перенесен на северо-западный берег Аргуни при устье р. Камары [70].

Обобщение ранее известных сведений и материалов, выполнение специальных исследований, сбор новых данных о русле и русловых деформациях р. Аргунь легли в основу гидроморфологического анализа реки, в ходе которого был проведен ряд последовательных этапов. Первый этап заключался в сборе картографических, гидрологических, геологических и геоморфологических материалов, уже имеющих по объекту исследований.

С целью выявления влияния русловых процессов на положение государственной границы нами использовались топографические карты различных лет съемок: 1945, 1961, 1975, 2001 гг., приведенные к одному масштабу. С помощью картографического материала были выделены макроформы речного русла и определены их количественные характеристики. При сопоставлении съемки разных лет располагались одна под другой в хронологическом порядке в общей координатной сетке. По квадратам этой сетки производилось сопоставление рельефа речного русла и бровок берегов, что позволило восстановить прежние положения речного русла, оценить общий характер деформаций русла р. Аргунь и их направленность.

Характерные участки изменения фарватера на р.Аргунь

**Район с. Абагайтуй.** Река Аргунь при пересечении государственной границы между Россией и Китаем разбивается на два рукава - левобережный – протока Прорва или Абагайтуйевская протока, и правобережный - р. Аргунь. Эти рукава огибают Большой остров и текут по болотистой и безлесной долине шириной 5-6 км. Русловой процесс в районе Большого острова отнесен к типу пойменная многорукавность с элементами незавершенного меандрирования (рис. 3.1) [72]. Это подтверждается наличием множества рукавов как действующих, так и отмерших в виде стариц. Характерной особенностью русла является преобладание излучин ранней и средней стадий развития и отсутствие завершенных излучин. Русловой процесс обусловлен воздействием водности

реки, низкой поймы и составом аллювиальных отложений с преобладанием мелких фракций.

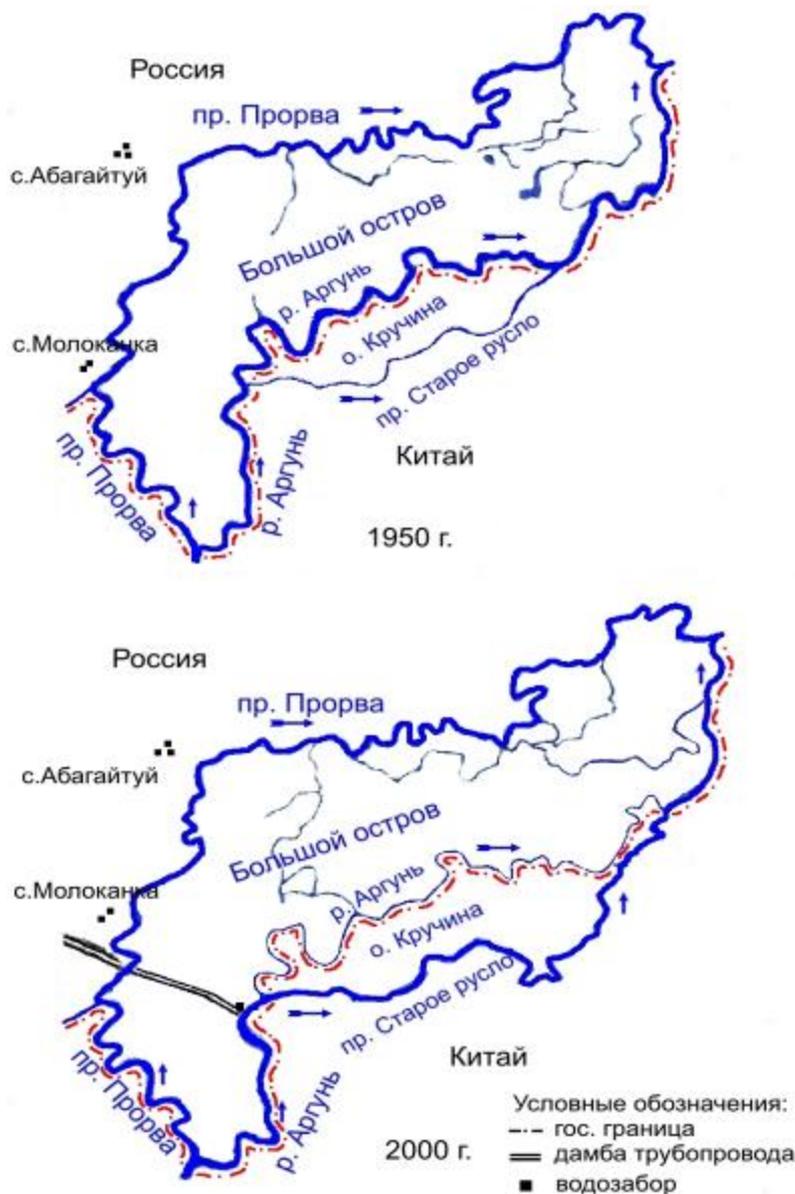


Рисунок 3.1. Русловые деформации в районе Большого острова

**Район между с. Усть-Нарынский и с. Среднеаргунск.** Русло реки свободно меандрирует. Излучины находятся на разных стадиях развития (от зарождения до завершения). Пойменная многорукавность проявляется в наличии проток, действующих и временных. До 70-х гг. граница проходила по протоке Договорной. В настоящее время на современной карте протока Договорная, как постоянно действующая, не прослеживается (рис.3.2) [74]. В

результате подобной направленности русловых деформаций линия государственной границы во время демаркационных работ была проведена по левобережному рукаву, значительная территория, ранее принадлежавшая России, отошла к Китаю.

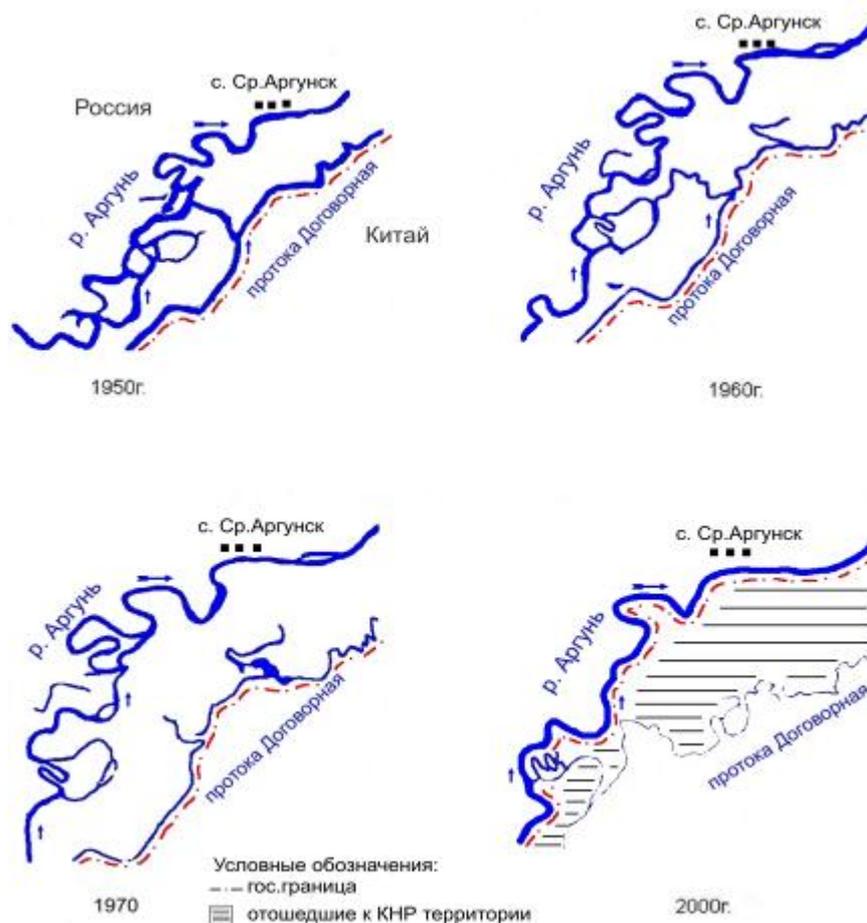


Рисунок 3.2. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Усть-Нарынский – с. Среднеаргунск [9]

**Район между с. Среднеаргунск и с. Кайластуй.** Граница раньше проходила по протоке Мунгутулусун. Река на этом участке текла по двум почти равнозначным рукавам. Русло реки и протока на протяжении последних 50 лет интенсивно деформировались. На современной карте протока Мунгутулусун не прослеживается, а на р. Аргунь излучина ниже с. Среднеаргунск близка к завершающей стадии развития, в результате этого в ближайшее время возможно незначительное отторжение сопредельной территории в пользу

России. При проведении берегоукрепительных работ на 1-й излучине ниже села, возможно, перераспределение стока в сторону имеющейся протоки (без названия) и далее - бывшей протоки Копаные Колы.

**Район с. Кайластуй.** За последние 30 лет ниже истока протоки Быстрая произошел прорыв перешейка двух излучин (рис. 3.3). Ниже села спрямляющее русло нескольких излучин стало за это время основным. Наибольшее перераспределение стока произошло на протоке Копаные Колы, по которой ранее проходила граница. На современной карте эта протока отсутствует, значительная территория отошла к сопредельной стороне [74]. Протока Быстрая, в прежние времена бывшая временно действующим водотоком, в настоящее время играет большую роль в перераспределении стока р. Аргунь в районе с. Кайластуй. Доля стока, проходящая через протоку Быстрая, составляет 52 % от общего стока р. Аргунь. Русло реки Аргунь в районе с. Кайластуй свободно меандрирует и подвержено значительным деформациям.

**Район между с. Кайластуй и с. Капцегайтуй.** Река Аргунь свободно меандрирует в широкопойменной долине. Русловые деформации значительны. В настоящее время граница прижата к левому борту долины [75]. В пойме реки множество стариц разного возраста. Водный поток разделен на несколько постоянно действующих, и временных проток, что характерно для пойменной многорукавности. Бывшая протока Гуран (Гаоланхэ) отделяется от р. Аргунь китайскими островами Мэнкэсиличжоучжу и впадает в р. Аргунь ниже с. Капцегайтуй. Значительное регулирующее влияние на водный режим протоки оказывают озера. Излучины находятся на разных стадиях развития. Только некоторые из них близки к завершению – перешейки петель находятся в предпрорывном состоянии. Имеются излучины на стадии незавершенного меандрирования.

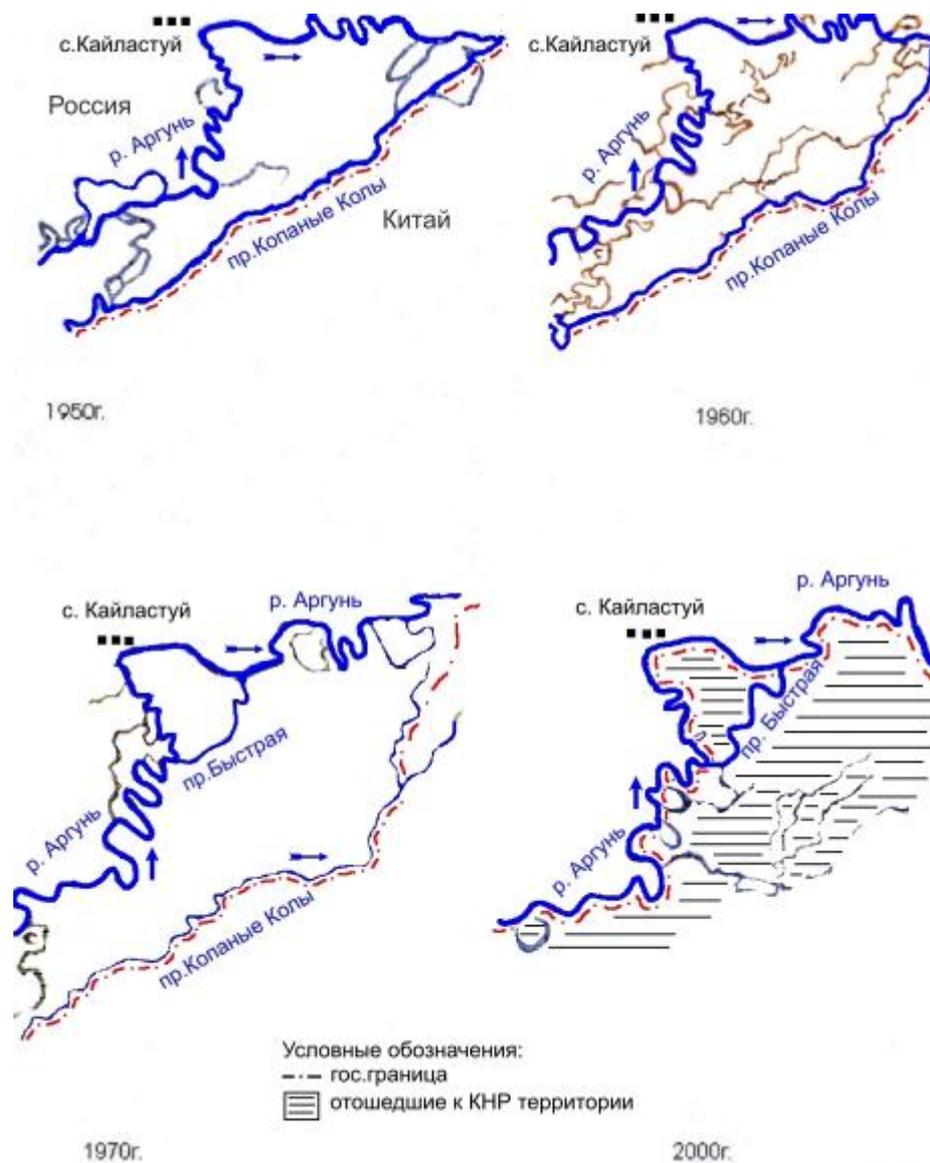


Рисунок 3.3. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Кайластуй [9]

**Район между с. Дурой и с. Кути.** Основной тип руслового процесса – свободное меандрирование с элементами пойменной многорукавности. Ниже с. Дурой многорукавность реки уменьшается, появляются элементы ограниченного меандрирования. Остров Коралловый за последние 30 лет отошел сопредельной стороне в результате спрямления излучины по типу незавершенного меандрирования [76, 77].

**Район с. Староцурухайтуй.** Деформация русла сводится к медленному развитию спрямляющих протоков и отмиранию излучин. В отдельных случаях происходит возобновление активности спрямившихся излучин и протоков (рис. 3.4). Спрямлением охвачены не отдельные излучины, а целые группы смежных

излучин. Наиболее характерным примером этого процесса служит динамика ряда излучин в окрестностях самого села. Острова Матипаоцзыдуйгодао, ранее принадлежавшие России, в результате спрямления нескольких излучин оказались с правой стороны фарватера и по итогам демаркации отошли к Китаю [78].

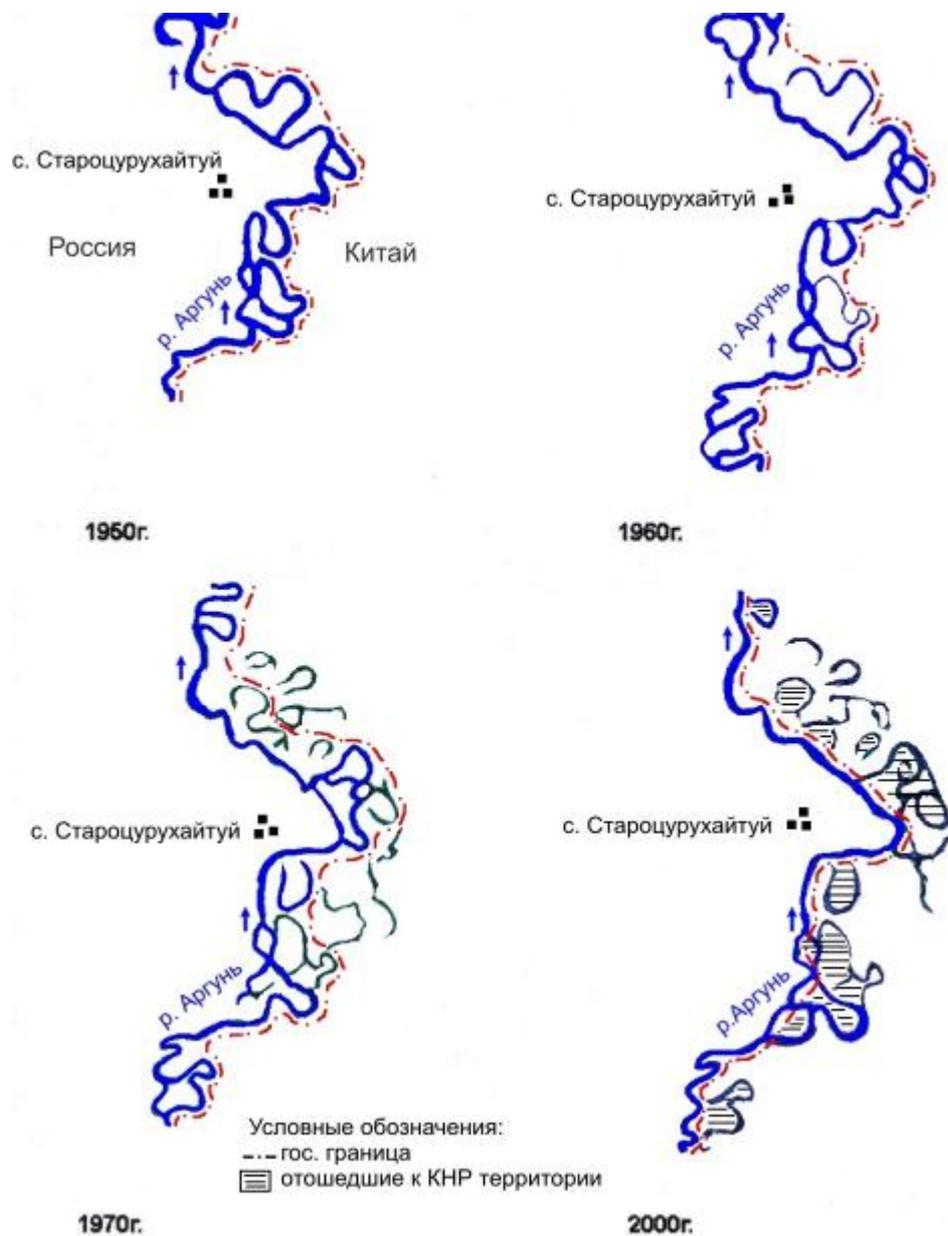


Рис. 3.4. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Староцурухайтуй

**В среднем течении реки - район между с. Буря и с. Средняя Борзя (рис. 3.5). На русловые процессы большое влияние оказывают правобережные**

притоки. Преобладают процессы пойменной многорукавности с элементами ограниченного меандрирования в местах сужения поймы склонами долины. В 60-е годы р. Аргунь была прижата к правому склону долины. Современные острова Бакаканьдао в то время были территорией России, а протока Рыболовная действовала лишь в большую воду. В 70-е годы Аргунь уже делится на два почти равнозначных рукава [79]. В результате этого произошло значительное отторжение Российской территории. Берегоукрепительные работы на развилке Аргуни могут в дальнейшем привести к перераспределению стока по бывшему основному руслу.

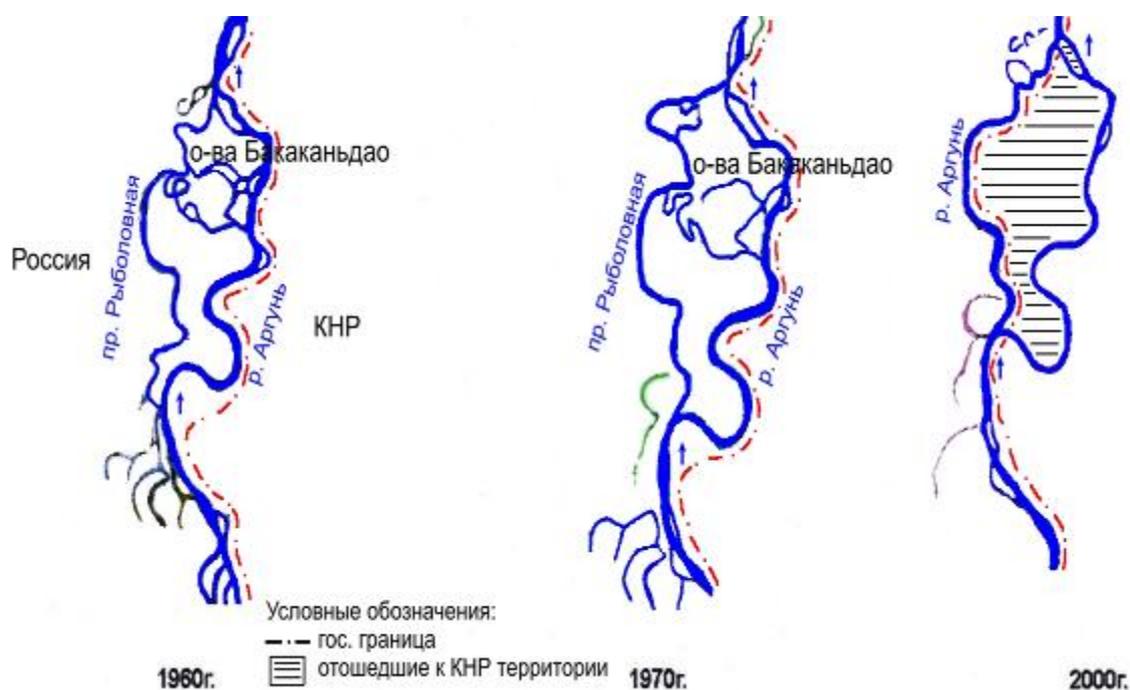


Рисунок 3.5. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Бура и с. Средняя Борзя [79, 9]

**Район с. Булдуруй 1-й** (рис.3.6). Русло реки прижато к правому борту долины. Пойма расширилась за счет значительных боковых притоков и привноса ими в долину аллювиального материала. Основным типом руслового процесса является незавершенное меандрирование с элементами ограниченного меандрирования [80]. Отторжение Российских территорий за 40 лет: выше села - о. Цзюшандао, ниже села о-ва Цзюкадао (бывший о. Большой).



Рисунок 3.6. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Булдуруй 1-й [9, 80]

**На участке нижнего течения, в районе с. Аргунск** (рис. 3.7). Основной тип руслового процесса в районе села – ограниченное меандрирование. Выше села отмечены элементы пойменной многорукавности. Протока выше с. Дамасово в течение последних 40 лет трансформировалась в старицу. Протока выше с. Аргунск и основное русло за последние 50 лет претерпели ряд изменений, связанных с перераспределением стока воды и наносов между основным руслом и протокой [81]. В русле протоки сформировались излучины, развивающиеся по типу свободного меандрирования.

Из рассмотренных в работе различных классификаций, для описания морфологии русла реки Аргунь выбрана классификация ГГИ (И.В. Попов, Н.Е. Кондратьев), учитывающая транспортирующую способность потока, и морфодинамическая классификация МГУ (Н.И. Маккавеев, Р.С. Чалов), в которой развитие русловых деформаций определяется геолого-геоморфологическим строением долин рек.

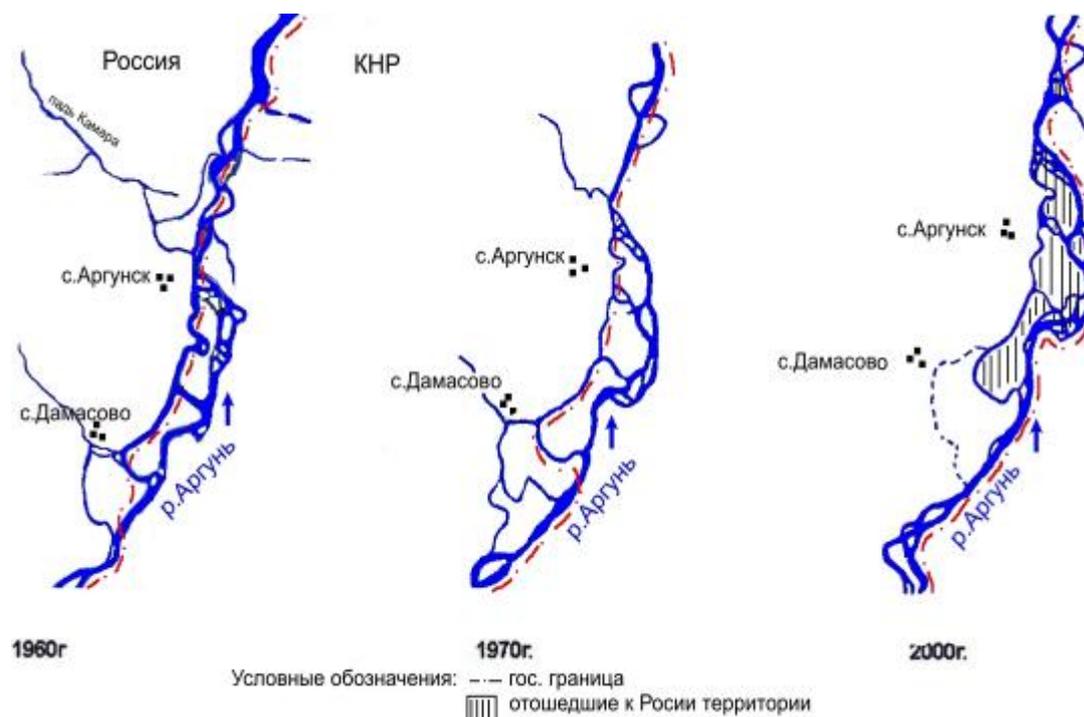


Рисунок 3.7. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Аргунск

Отличительной особенностью реки Аргуни является ее "неклассическая" последовательность изменения гидролого-морфологических элементов по длине реки в пределах рассматриваемой ее части. На участке верхнего течения река по характеру близка к равнинным рекам, в среднем течении она имеет характер полугорной и горной реки и в нижнем течении река обладает явно выраженным горным характером. Согласно классификациям ГГИ и МГУ русло р. Аргунь по результатам анализа крупномасштабных топографических карт различных лет съемок разделяется на три крупных морфологически однородных участка, каждому из которых присущи свои типы русловых деформаций.

Первый (верхний) участок реки, протяженностью 300 км от с. Абагайтуй до п. Приаргунск или до впадения р. Гэньхэ, характеризуется широкой поймой (2,5 - 17,0 км); небольшим уклоном водной поверхности (в среднем 0,1 ‰); значительными глубинами (до 5,5 м); небольшими скоростями течения (0,5-0,8 м/с). Берега реки и пойма сложены в основном легко размываемыми песчано-илистыми грунтами пойменной фации аллювиальных отложений. Наличие легко размываемых грунтов и длительного затопления поймы в паводки являются

причиной активных плановых переформирований речного русла. В результате на верхнем участке наблюдаются свободное меандрирование, незавершенное меандрирование и пойменная многоруканность (рис.3.8).



Рисунок 3.8. Река Аргунь (верхний участок) с элементами свободного меандрирования

Свободное меандрирование охватывает все действующие второстепенные рукава, на которых наблюдаются излучины различных стадий развития. Незавершенное меандрирование проявляется, в основном, в главном русле р. Аргунь, где повсеместно разрабатываются спрямляющие рукава отдельных излучин или их групп (рис. 3.9). Отмирание старых рукавов и разработка в пойменном массиве новых определяет развитие пойменной многоруканности.



Рисунок 3.9. Излучины р. Аргунь

Незавершенное меандрирование проявляется, в основном, в главном русле реки Аргунь, где повсеместно разрабатываются спрямляющие рукава отдельных излучин или их групп. При затоплении поймы на большую глубину возникают благоприятные условия для образования протоков, спрямляющих излучины, первоначально развивающиеся по схеме свободного меандрирования. Таким образом, цикл развития излучин оказывается прерванным, т.е. незавершенным. В образовавшуюся спрямляющую протоку поступает основная часть расхода воды и излучина перестает развиваться. Развитие незавершенного меандрирования представляет собой переход от однорукавного русла к разветвленному. Главными признаками незавершенного меандрирования являются наличие спрямляющей протоки и серповидных очертаний стариц на пойме с далеко отстоящими друг от друга концами.

Отмирание старых рукавов и разработка в пойменном массиве новых рукавов определяет развитие пойменной многорукавности, наиболее отчетливо проявляющейся в районе между с. Капцагайтуй и с. Дурой (рис. 3.10).

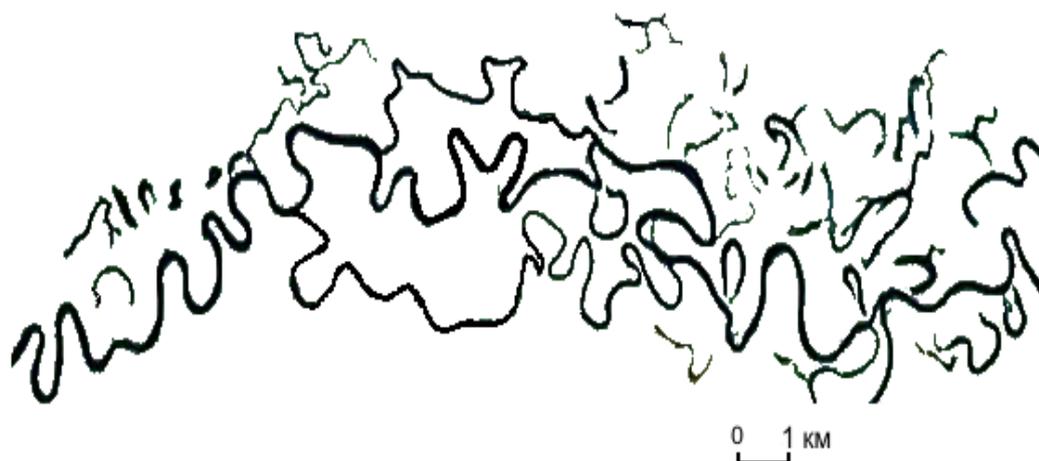


Рисунок 3.10. Элементы пойменной многорукавности р. Аргунь в районе между с. Капцагайтуй и с. Дурой

Характерной особенностью верхнего участка является распространение озёр – соров, образующихся в пониженных частях пойменных массивов как следствие повышения уровней воды в реке.

Озера соединены с руслом Аргуни одним или несколькими рукавами, по которым вода в паводок поступает в озера, а при спаде имеет обратное направление (рис. 3.11). Поэтому колебания уровней озёр тесно связаны с водным режимом Аргуни. При низком меженном уровне реки озера распадаются на ряд изолированных водоемов, часть из них полностью пересыхает до начала летне-осенних паводков на Аргуне.

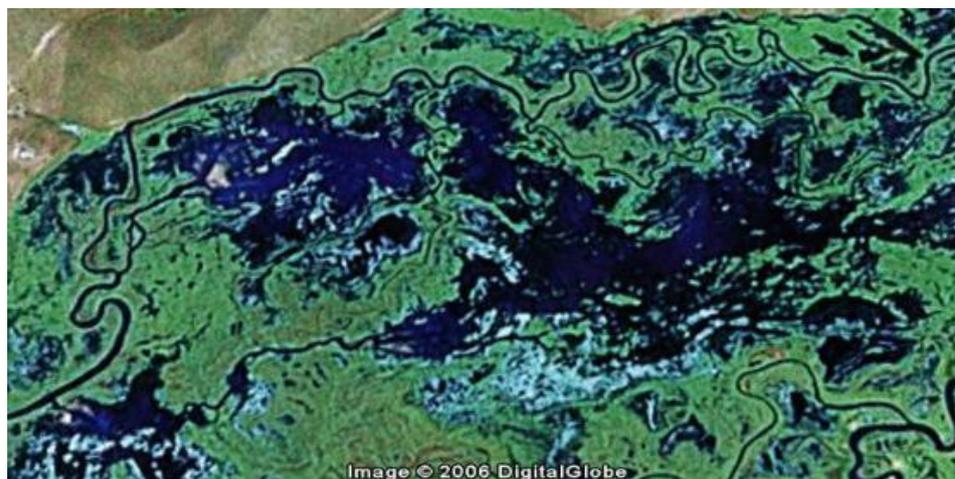


Рисунок 3.11 Русло р. Аргунь соединенное с озерами

Русло реки на втором (среднем) участке, протяженностью 203 км от впадения р. Гэньхэ до с. Горбуново, адаптированное, имеет относительно небольшую извилистость и располагается в узкой долине. Река в отличие от вышерасположенного участка характеризуется значительными уклонами водной поверхности (0,25 ‰ и более). Важной гидроморфологической особенностью водного потока является устойчивая выдержанность по длине реки основных гидрометрических характеристик реки: средняя ширина поймы составляет 3 км, русла - около 200 м, глубина потока - 2,5 м, скорость течения - около 1,0 м/с. Наблюдается постепенное увеличение высоты пойменного берега от 0,3 до 1,0 м и выше в направлении сверху вниз по длине участка. Дно русла на участке сложено песчаными и песчано-гравелистыми отложениями, местами с галечным компонентом. Для данного участка характерно преобладание незавершенного меандрирования, ограниченного в местах сужения поймы склонами долины (рис.3.12).



Рисунок 3.12 Элементы незавершенного меандрирования р. Аргунь  
(средний участок)

Третий (нижний) участок протяженностью 140 км, расположенный ниже с. Горбуново, характеризуется наибольшими уклонами водной поверхности (0,45 – 0,7 ‰, а в отдельных местах ближе к самому нижнему краю участка более 1,0 ‰). В его пределах практически полностью отсутствует пойма, ширина потока составляет от 200 до 350 м, а скорости течения изменяются от 1,0 до 2,5 м/с. На этом участке река Аргунь протекает в узкой прямолинейной долине. Речное русло врезанное, соответствующее ограниченному развитию русловых деформаций, сложенное трудноразмываемыми горными породами. Руслоформирующие наносы, как правило, представлены галечным или галечно-валунным материалом, что определяет высокую устойчивость русла. Основным тип деформаций на этом участке - ограниченное меандрирование и русловая многорукавность. Извилистость реки на этом участке определяется главным образом орографическими особенностями рельефа. Руслоформирующая деятельность потока при всех возможных изменениях водного режима (межень-половодье) имеет однонаправленный характер, так как отсутствие поймы, узкая речная долина, в которой дно полностью занимает речной поток, обуславливают сохранение планового положения динамической оси потока при всех режимах в одном и том же положении [20].

Отдельные переформирования русла в виде намыва и размыва островов (русловая многорукавность) наблюдаются в местах незначительного расширения долины, преимущественно в районе устьев впадающих в Аргунь притоков, которые увеличивают поступление наносов в главный поток реки (рис.3.13). В результате отложения наилка на островах они постепенно зарастают кустарником.

Всё многообразие речных островов, значительно различающихся по форме, размерам, происхождению условно разделяется на четыре группы: элементарные острова, крупные острова, островные массивы и междрукавные острова (рис 3.14).

Для реки Аргунь характерно развитие элементарных островов – участков суши, окруженных со всех сторон текущей водой, покрытых растительностью и возникших в результате зарастания одного осередка. Острова отделены друг от друга и от берегов протоками и имеют вытянутую (каплевидную) форму. Длина

элементарного острова соизмерима с длиной побочня переката или осередка [61]. Такой остров сохраняет характерную для осередка форму, имеет соответствующее закономерное соотношение линейных размеров. Согласно исследованиям Р.Д. Комара [71], каплевидная форма островов обеспечивает минимум сопротивления в русле при соотношении  $L_0/B_0 = 3\div 4$ . Если в русле преобладает сопротивление трения, то это соотношение больше и остров удлиняется.



Рисунок 3.13. Сформировавшийся остров на реке Аргунь в условиях русловой многоруканности (нижний участок)



Рисунок 3.14. Разновидности островов на р. Аргунь:

а – межрукавье; б – элементарный остров

В литологическом строении островов можно выделить общие особенности: в составе рыхлых отложений островов преобладает относительно крупный аллювий, представленный в основном частицами фракции песка; в фундаменте островов присутствует русловой аллювий, состоящий из крупно- и грубообломочного материала [17].

В таблицах 3.1, 3.2 и 3.3 дана краткая характеристика р. Аргунь по участкам.

Таблица 3.1

## Краткая характеристика р. Аргунь на верхнем участке

Наименование населенного пункта		с. Абагайтуй	с. Ср. Аргунск	с. Кайластуй	с. Дурой	с. Староцурухайтуй
Расстояние от устья, км		940	874	827	759	666
Тип руслового процесса		Н.М., П.М.	С.М., Н.М., П.М.	С.М., Н.М., П.М.	С.М., Н.М., П.М.	Н.М., П.М.
Грунты		песок	песок	песок	песок, гравий, мелкая галька	песок, гравий, мелкая галька
Д о л и н а	описание	трапецеидальная форма; склоны выровненные, пологие высотой 50-70 м, местами до 120м	трапецеидальная форма; левый склон террасированный, крутой, правый - пологий высотой 40-60 м, местами до 100м	ящикообразная форма; левый склон долины крутой до 50 м, правый пологий - представлен степной террасой	трапецеидальная форма; склоны долины пологие, относительно высокие -100-150м, вершины выровненные, расчлененны	трапецеидальная форма; склоны долины пологие, вершины выровненные, расчлененные
П о й м а	строение	асимметричная; открытая; расчлененная протоками, старицами; низкие места заболочены; растительность болотно-луговая	асимметричная; открытая, расчлененная протоками, старицами, озерами; низкие места заболочены; растительность болотно-луговая	асимметричная; открытая, расчлененная протоками, старицами, озерами; низкие места заболочены; растительность болотно-луговая	низкая двусторонняя, асимметричная; болотно-луговая растительность, местами редкий кустарник	в районе села односторонняя, старицы, озера; низкие места заболочены; растительность болотно-луговая и луговая
	ширина, км	6,5	4,0	10,0	4,0	2,5 село - ниже - 8.0
Р у с л о	описание	извилистое; сложено песчано-илистыми грунтами;	извилистое; сложено песчано-илистыми грунтами;	извилистое; сложено песчано-илистыми, супесчаными грунтами;	извилистое; сложено песчано-илистыми, супесчаными грунтами;	умеренно извилистое, деформирующееся, размываемое
	ширина, м	50-80	150-200	150-200	200-250	150-200

	глубина, м	2,5	2,5	2,5	5,5	5,5
	скорости, м/с	0,5-0,7	0,6-0,7	0,5-0,8	0,6-0,8	0,6-0,8
Б б р е о р в е к г а а	описание	берега – левый открытый, обрывистый; правый - более пологий	берега - левый терраса высотой до 7 м, обрывистый; правый - пологий, размываемый	берега - левый открытый, обрывистый; правый - более пологий	берега - левый высокий, обрывистый, сильно деформирующийся; правый - более пологий	берега обрывистые с двух сторон
	высота, м	0,3-0,5	0,5-0,7	0,5-0,8	0,9-1,1	1,3-1,5
Уклон водной повти, ‰		0,13	0,14	0,17	0,16	0,14
Затопление поймы		практически до подножия склонов	практически до подножия склонов; при высоких уровнях подтапливается	практически до подножия склонов; при высоких уровнях подтапливается	село расположено на высокой террасе, не затапливается	практически до подножия склонов, село не затапливается

## Краткая характеристика р. Аргунь на среднем участке

Наименование населенного пункта		п. Приаргунск	с. Зоргол	с. Ср. Борзя	с. Булдуруй 1-й	с. Горбуново
1		2	3	4	5	6
Расстояние от устья, км		605	562	511	490	454
Тип руслового процесса		С.М., Н.М., О.М.	С.М., Н.М., О.М.	О.М., Р.М.	Н.М., О.М., Р.М	О.М., Р.М.
Грунты		песок, гравий, мелкая галька	песок, гравий, мелкая галька	песок, гравий, мелкая галька	песок, гравий, мелкая галька	песок, гравий, мелкая галька
Д о л и н а	описание	трапецеидальная форма; склоны выровненные, расчлененные высотой 90-120 м; правый - пологий, левый с террасами	трапецеидальная форма; склоны выровненные, расчлененные; правый - отвесный с террасами; левый - более пологий	трапецеидальная форма; склоны долины пологие, террасированы, расчлененные распадками боковых притоков	трапецеидальная форма; склоны долины пологие, террасированы, расчлененные распадками; относительные высоты 150-200м	трапецеидальная форма; склоны долины крутые, террасированные
П о й м а	строение	асимметричная; открытая, расчлененная протоками, старицами в виде озер, низкие места заболочены; растительность болотно-луговая, поросшая мелким кустарником	односторонняя, правобережная, расчлененная протоками, старицами в виде озер, низкие места заболочены; растительность болотно-луговая, поросшая мелким кустарником	практически отсутствует, проявляется в местах впадения притоков	низкая двусторонняя, ассимметричная; расчленена протоками, старицами, местами заболочена; болотно-луговая растительность, местами редкий кустарник	практически отсутствует, проявляется в местах впадения притоков
	ширина, км	8,5	7,0	3,0	5,0	3,0
Р у с	описание	слабо извилистое; песчано-илистое, галечные грунты;	слабо извилистое; супесчаные и галечные грунты,	слабоизвилистое	умеренно извилистое; сложено песчано-галечными,	слабоизвилистое

л о		деформирующееся	слабо деформирующееся		супесчаными грунтами	
	ширина, м	150-180	180-200	200-250	200	200
	глубина, м	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
	скорости, м/с	0,8-1,0	0,8-1,0	1,0	1,0-1,2	1,0-1,2
Б б р е о р в е к г а а	описание	берега - левый крутой, открытый, задернованный; правый - пологий, поросший луговой растительностью и кустарником	берега - левый крутой, открытый, задернованный; правый - пологий, поросший луговой растительностью и кустарником	берега высокие обрывистые, перемежающиеся с пляжами;	берега высокие обрывистые, перемежающиеся с пляжами;	берега высокие обрывистые, перемежающиеся с пляжами;
	высота, м	1,5-1,8	1,8-2,0	2,5-3,0	2,5-3,0	2,5-3,0
1		2	3	4	5	6
Уклон водной повти, ‰		0,17	0,21	0,26	0,25	0,28
Затопление поймы		практически до подножия склонов; село расположено на террасе, не затапливается.	практически до подножия склонов, частичное подтопление села при высоких паводках	практически до подножия склонов.	практически до подножия склонов; село расположено на террасе, не затапливается.	не затапливается; село расположено на высокой террасе

## Краткая характеристика р. Аргунь на нижнем участке

Наименование населенного пункта		с. Олочи	с. Аргунск
Расстояние от устья, км		426	390
Тип руслового процесса		О.М., Р.М.	О.М., Р.М., П.М
Грунты		песок, гравий, мелкая галька	песок, гравий, мелкая галька
Долина (описание)		ящикообразной формы, относительно пологие склоны высотой 100-150 м.	ящикообразная, склоны средней крутизны, ярко выражены террасы, относительные высоты - 200-300м
П о й м а	строение	Пойма левобережная, покрыта луговой растительностью, низкие места заболочены	двусторонняя; открытая, расчлененная протоками, старицами, низкие места заболочены; растительность луговая, кустарниковая
	ширина, км	1,5	4,5
Р у с л о	описание	прямолинейное, каменисто-галечное, устойчивое	извилистое; сложено песчано-гравийно-галечными грунтами;
	ширина, м	200	200
	глубина, м	3,0	3,0
	скорости, м/с	1,0-1,2	1,0-1,2
Бровка берега (описание)		левый берег пологий открытый, задернованный, правый – более крутой.	берега - левый открытый, обрывистый; правый - более пологий
Высота бровки берега, м		3-3,5	4,0-4,5
Уклон водной пов-ти, ‰		0,4	0,4
Затопление поймы		затапливается при высоких уровнях	затапливается при высоких уровнях

### 3.2 Русловые процессы и морфодинамические типы русловых процессов реки Ворьема

Наличие вблизи земной поверхности водоупорной кристаллической основы в бассейне Ворьемы, разная степень устойчивости коренных пород к денудации, деятельность ледника в прошлом и современные четвертичные отложения, большое количество выпадающих осадков и относительно малое испарение, значительная глубина промерзания – все выше перечисленные особенности физико-географических условий исследуемого водосбора реки Ворьема не только накладывают свой отпечаток на рисунок русловой сети, но и обуславливают интенсивное разрушение поверхностного слоя грунтов, а сильные ветры в весенний период способствует переносу мелких по составу частиц, обеспечивая специфические условия формирования стока наносов.

Как уже отмечалось в 1 главе, долина реки Ворьема узкая, врезанная в кристаллические породы V-образная, на отдельных участках каньонообразная.

Анализ разновременных космоснимков, по данной территории, а так же топографического материала за разные периоды съёмки, позволяет судить, что их типы русловых процессов, русловая и пойменная многорукавность. Отмечаются участки русла, где пойма односторонняя, прерывистая, а извилистость русла ограничена орографическими факторами и развитие излучин не проходит до заключительного этапа – отпочкования.

Как видно на рис. 3.15, по длине реки наблюдается довольно частая смена типов русловых процессов. Особенно интенсивные деформации речного русла происходят в нижнем течении реки примерно в 3 км от устья. Именно в этом районе произошли интенсивные русловые деформации, приведшие к переходу ряда российских островов под юрисдикцию Норвегии.

На рисунке (рис. 3.15) приведён участок реки Ворьема, где деформации русла развиваются довольно быстро и можно прогнозировать спрямление излучины в ближайшее время. С норвежской стороны принимаются срочные меры по закреплению участка реки ( $L = 37$  м) посредством отсыпки крупнообломочного камня. В тоже время, с российской стороны возможны

прорыв перешейков и спрямление излучин ( $L = 127$  м и  $76$  м). После этого фарватер, а следовательно, и государственная граница, переместятся в сторону России. Следствием этого будет переход под юрисдикцию Норвегии двух пойменных массивов. Для избежания такого негативного развития русловых процессов необходимо применять меры к стабилизации их развития на этих участках.

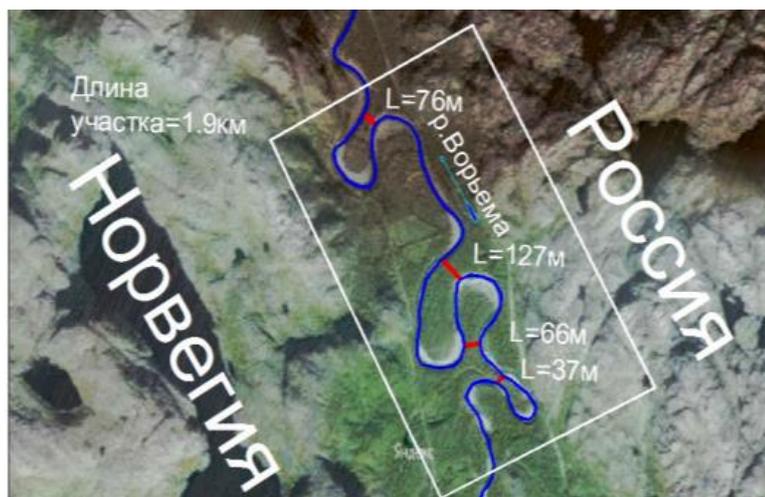


Рисунок 3.15 . Русловые деформации р. Воръема [9]

Так же были выделены ещё 3 участка, где наиболее активно проявляются русловые деформации (рис. 3.16 - 3.18, табл. 3.4).

На первом участке (22,8 км от устья) отмечают изменения положения фарватера и береговой линии в вершинах излучин. Смещение составило 22,0 – 22,3 м (рис. 3.16). На данном участке, как и на описанном выше, наряду со смещением фарватера меняется и положение государственной границы в сторону России.

Таблица 3.4

Краткая характеристика р. Воръема на нижнем участке

№ участка	Расстояние от устья, км	Русловое образование	Координаты	Изменение, м
1	22,8	Меандр	69° 40' 26,54" с.ш. 30° 56' 08,91" в.д.	22,0
		Меандр	69° 40' 27,88" с.ш. 30° 56' 46,92" в.д.	22,3

2	19,9	Осередок	69° 41' 07,76" с.ш. 30° 55' 56,53" в.д.	141,2
		Рукав (правый), выше по течению	69° 41' 10,79" с.ш. 30° 56' 17,02" в.д.	перешел в разряд старицы (длина старицы – 236,7 м)
		Рукав (правый), ниже по течению	69° 41' 12,38" с.ш. 30° 55' 48,90" в.д.	частично пересох, изменения длины составило 118,5 м
3	9,9	Рукав (левый)	69° 44' 20,41" с.ш. 30° 53' 09,72" в.д.	136,6

На втором участке (19,9 км от устья) русло реки за период в 10 лет претерпело значительные изменения. В период 2005 г. на данном участке отмечается наличие русловой многорукавности. На космоснимке 2014 г. отчетливо видно, что правые рукава изменили свои очертания и сток воды осуществляется по левым рукавам, представляющим основное русло. Выше по течению правый рукав полностью отшнуровался от русла реки и перешел в разряд стариц. Ниже по течению правый рукав так же пересох в своем истоке, уменьшился в размерах; однако имеет сообщение с руслом. В центральной части участка, на момент 2014 г., наблюдается развитие конкурирующего рукава.



Рисунок 3.16. Русловые деформации р.Воряема – участок № 1



Рисунок 3.17. Русловые деформации р.Воряема – участок № 2



Рисунок 3.18. Русловые деформации р.Ворьема – участок № 3

На третьем участке (9,9 км от устья) деформация русла проявляется в развитии бифуркации, сформировался второй (левый) рукав. Сток воды осуществляется по двум рукавам. В будущем, по аналогии с участками выше по течению, возможен перехват стока молодым (левым) рукавом, после чего фарватер, а следовательно, и государственная граница, переместятся в сторону Норвегии. Следствием этого будет переход под юрисдикцию России данного пойменного массива.

Для избежания такого негативного развития русловых процессов Норвежской стороной применяются меры к стабилизации их развития как на данном участке, так и на других участках русла р. Ворьема.

С российской же стороны подобные масштабные работы не проводились с 1980-х г.г. Частично, в 2005 году (и последующие 2 года), проводились работ по укреплению берегов реки Ворьема (правый берег, Мурманская область, Печенгский район) компанией "Коласельхозсервис". Были укреплены берега на трех участках общей протяженностью 5 километров. Проведение данных работ было обусловлено тем, что паводковые воды ежегодно подмывают берега, и

государственная граница Российской Федерации смещалась. Работы велись в трудных условиях гористой и болотистой местности. Для укрепления берегов использовалась песчано-гравийная смесь и скальный грунт. В ходе реализации проекта было вложено свыше 25 тысяч кубометров скальных пород, также построено свыше 8 километров и отремонтировано свыше 15 километров подъездных дорог вдоль государственной границы. Уложены новые водопропускные сооружения.

Берегоукрепление проводилось с правого берега реки в Печенгском районе, Мурманской области на следующих участках:

1 участок 1,8 – 2,1 км от устья, между п.з. 403 и п.з. 404, протяженность 330 м;

2 участок 7,0 – 7,2 км от устья, вниз по течению от п.з. 395, протяженность 177 м;

3 участок 9,2 – 9,4 км от устья, вверх по течению от п.з. 392, протяженность 211 м;

4 участок 10,0 – 10,2 км от устья, вверх по течению от п.з. 390, протяженность 160 м;

5 участок 23,4 – 23,5 и 23,7–24,2 км от устья, между п.з. 364 и п.з. 366, протяженность 597 м.

Как видно на рисунках 3.19 – 3.21, по длине реки наблюдается довольно частая смена типов русловых процессов. Особенно интенсивные деформации речного русла происходит в нижнем течении реки примерно в 3 км от устья, где наблюдается тип руслового процесса свободное меандрирование. Именно в этом районе произошли интенсивные русловые деформации, приведшие к переходу ряда российских островов под юрисдикцию Норвегии.

Действительно, на рис. 3.19 приведён участок реки Ворьема, где наблюдается чётко выраженный тип руслового процесса – свободное меандрирование. Несколько ниже по течению он переходит в ограниченное меандрирование. Деформации русла развиваются довольно быстро и можно

прогнозировать спрямление излучины в ближайшее время. С норвежской стороны принимаются срочные меры по закреплению участка реки (см. рис. 3.19,  $L = 37$  м) посредством отсыпки крупнообломочного камня. В тоже время, с российской стороны возможны прорыв перешейков и спрямление излучин (см. рис. 3.20,  $L = 127$  м и  $76$  м). После этого фарватер, а следовательно, и государственная граница, переместятся в сторону России. Следствием этого будет переход под юрисдикцию Норвегии двух пойменных массивов. Для избежания такого негативного развития русловых процессов необходимо применять меры к стабилизации их развития на этих участках.



Рисунок 3.19. река Воръема - участок № 1



Рисунок 3.20. река Воръема - участок № 2



Рисунок 3.21. река Воръема - участок № 3

Таким образом, количественная оценка интенсивности размыва берегов р. Аргунь, позволила получить следующие результаты:

1. Выполненный анализ русловых деформаций р. Аргунь на участке от с. Абагайтуй до с. Аргунск, показал, что русло р. Аргунь на протяжении всего участка (верхнего) довольно извилистое, местами разветвленное с развитой пойменной многорукавностью. Наибольшей разветвленностью оно характеризуется на широкопойменном участке, расположенном между с. Кайластуй и с. Дурой, где существует вероятность существенного перераспределения стока воды между рукавами и, соответственно, изменением положения главного русла реки. Повсеместно рукава связаны с проточными или полупроточными озерами.

2. На среднем участке деформации отличаются меньшими величинами и частотой деформирующихся участков, чем на выше лежащем участке. В соответствии с этим перераспределение стока воды между рукавами и изменение положения главного русла реки происходит также менее интенсивно. На отдельных участках реки требуются берегоукрепительные работы для исключения вероятности перераспределения стока.

3. На нижнем участке р. Аргунь пойма имеет незначительную ширину, склоны сложены трудно размываемыми породами, дно русла представлено

галечным или галечно-валунным материалом. Эти факторы обуславливают высокую степень устойчивости реки и незначительные по протяженности и интенсивности масштабы деформаций русла.

4. Изучение русловых деформаций на р. Аргунь показало, что основными факторами русловых деформаций являются водность реки, низкая высота поймы и состав почвогрунтов, представленный преимущественно мелкими фракциями (песков, супесей, илов).

5. По данным сравнения топографических карт съемок 1945, 1961, 1975 гг. выявлено, что наибольшая скорость смещения бровки берега для р. Аргунь за 30 лет составило более 8 м/год, наименьшее – 0,3 м/год, для протоки Прорвы соответственно – 2,5 м/год и 1,1 м/год. Анализ русловых деформаций реки Аргунь указывает, что русло в среднем и нижнем течении более устойчивое.

6. Среди русловых процессов реки Ворьема преобладают разветвление реки на рукава с меандрированием на них, характеризующееся широкой поймой. Так же отмечаются участки русла, где пойма односторонняя, прерывистая, а извилистость русла ограничена орографическими факторами и развитие излучин не проходит до заключительного этапа – отпочковывания.

Особенно интенсивные деформации речного русла происходит в нижнем течении реки. Именно в этом районе произошли интенсивные русловые деформации, приведшие к переходу ряда российских массивов поймы и островов под юрисдикцию Норвегии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование русловых процессов рек Аргунь и Ворьема имеет важное значение, так как интенсивные переформирования берегов, отмирание старых рукавов и образование новых вызывают смещение фарватера, а, следовательно, являются основанием для изменения линии государственной границы.

На основе применения комплекса методов получены результаты, которые заключаются в выявлении основных закономерностей естественной динамики русловых процессов рек Аргунь и Ворьема.

Обобщение и анализ имеющихся картографических материалов позволили автору выявить особенности проявления русловых процессов на различных участках исследуемых рек.

Так, по данным сравнения топографических карт съемок 1945, 1961, 1975 гг. на территорию бассейна р. Аргунь выявлено, что наибольшая скорость смещения бровки берега для р. Аргунь за 30 лет составило более 8 м/год, наименьшее – 0,3 м/год, для протоки Прорвы соответственно – 2,5 м/год и 1,1 м/год. Анализ русловых деформаций реки Аргунь указывает, что русло в среднем и нижнем течении более устойчивое.

Среди русловых процессов реки Ворьема преобладают разветвление реки на рукава с меандрированием на них, характеризующееся широкой поймой. Так же отмечаются участки русла, где пойма односторонняя, прерывистая, а извилистость русла ограничена орографическими факторами и развитие излучин не проходит до заключительного этапа – отпочковывания.

Наиболее интенсивно деформации речного русла происходят в нижнем течении реки Ворьема. Именно в этом районе произошли интенсивные русловые деформации, приведшие к переходу ряда российских массивов поймы и островов под юрисдикцию Норвегии.

Подводя итог, можно сформулировать ряд заключительных положений:

1. Обзор имеющейся литературы, посвященной данной тематике, указывает на необходимость разработки и применения иных критериев проведения межгосударственных границ.

2. Процесс перемещения фарватера в сторону Российского берега на исследуемых реках, естественно, влечёт за собой перемещение государственной границы и, как следствие, переход одного или нескольких островов, весьма значительной площади, измеряемой сотнями и даже тысячами квадратных километров под управление соседних государств.

Негативным последствием этих процессов является отсутствие проектов укрепления берегов речных русел, основанных на долгосрочных прогнозах русловых процессов, определяющих размывы берегов рек. Из-за современного положения о проведении государственной границы по фарватеру значительные островные территории отошли от РФ к сопредельным государствам (КНР, Норвегии)

3. Как Китай так и Норвегия нарушают условия трансграничных договоров и проводят интенсивные берегоукрепительные работы.

Места укрепления берегов от размыва препятствуют не только размыву берега, но и, что является более важным, способствует перемещению фарватера, а следовательно, и государственной границы. Так, до строительства берегоукрепительных сооружений китайской стороной протока Быстрая (р. Аргунь) была временным водотоком. В настоящее время, после строительства сооружений, по ней проходит до 52 % стока р. Аргунь. Таким образом, произошло смещение фарватера, а следовательно, при уточнении линии государственной границы существенно изменяется её положение, что приводит к переходу значительной части территории от России к Китаю. Затраты на строительство таких берегоукрепительных и других сооружений составляют весьма значительные суммы. Однако, несмотря на это, китайское правительство считает стоимость отошедших территорий более ценной.

Аналогичные результаты получены и при анализе информации по р. Ворьеме, по которой проходит государственная граница между Россией и Норвегии. Интенсивные русловые деформации, приведшие к переходу ряда мелких российских островов и двух пойменных массивов под юрисдикцию Норвегии.

Для избежания такого негативного развития русловых процессов необходимо применять меры к стабилизации их развития на этих участках.

4. Система законодательства и делопроизводства в Российской Федерации (по стопам СССР) имеют большое количество бюрократических препятствий, в связи с чем даже при принятии решений проведение берегоукрепительных работ и строительству струенаправляющих сооружений запаздывают. Не менее важным является медлительность чиновников в принятии решений в экстренных случаях. В период начала интенсивного размыва берега или процесса спрямления излучин, которые могут привести к изменению положения фарватера, зарубежные хозяйственники быстро реагируют на эти процессы и практически мгновенно принимают действенные меры по ликвидации наметившихся негативных русловых деформаций. Российская же сторона затягивает процесс ликвидации этих последствий. Совокупность российского законодательства с медлительностью действий чиновников еще больше увеличивает сроки принятия решений, проектирования и производства работ. Это в свою очередь часто приводит к тому, что проведение таких работ уже является бесполезным.

Необходимо отметить, что запрет на проведение берегоукрепительных работ прописан в трансграничных соглашениях. Несмотря на это, последние активно применяются сопредельными государствами на практике.

5. При разработке новых условий расположения государственной границы по рекам необходимо вводить в состав комиссий, в качестве советников или консультантов, специалистов по русловым процессам.

6. В пограничных районах, где граница России с другими государствами проходит по фарватеру, необходимо создать научно-проектные организации, целью которых будет являться разработка прогнозов русловых деформаций и проектов крепления берегов речных русел, а так же быстрое принятие и реализация решения по данному вопросу.

Разработка долгосрочных прогнозов русловых процессов позволит дать оценку возможных негативных русловых деформаций; систематизировать

наиболее опасные с позиции русловых процессов участки и установить очерёдность проведения на них работ по их укреплению; разработать проекты крепления берегов речных русел, прошедшие заблаговременно соответствующие экспертизы.

## Список использованной литературы

1. Алексеев В.Р. Морфодинамические особенности наледных участков речных долин // Гидрология и геоморфология речных систем. Иркутск: СО РАН, 1997. - С. 207-208.
2. Алексеевский Н.И., Чалов Р.С. Движение наносов и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1997. - 171 с.
3. Алтухов Е.Н., Смирнов А.Д., Леонтьев Л.Н. Тектоника Забайкалья. М.: Недра, 1973. - 172 с.
4. Атлас Мурманской области. М., 1971. – 46 с.
5. Атлас Читинской области и Агинского Бурятского Автономного округа – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1997. - 48 с.
6. Барышников Н.Б., Попов И.В. Динамика русловых потоков и русловые процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 456 с.
7. Барышников Н.Б. Русловые процессы. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 438 с.
8. Барышников Н.Б., Субботина Е.С., Скоморохова Е.М., Поташко Е.А. Коэффициенты шероховатости пойм // Уч. зап. РГГМУ, 2012, № 23, с. 13-20.
9. Барышников Н.Б., Исаев Д.И. Русловые процессы. Учебник. – СПб.: РГГМУ, 2014. – 504 с.
10. Белов Н.П., Барановская А.В. Почвы Мурманской области. Л.: Наука, 1969 - 148 с.
11. Великанов М.А. Русловой процесс. – М.: Госфизматиздат, 1958. - 104 с.
12. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова /[В.Т. Ярмишко, И.Ю. Баккал, Г.П. Меньшикова и др.]; Под ред. Б.Н. Норина, В.Т. Ярмишко АН СССР. Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – Л. : БИН, 1990. – 195 с.

13. Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья. Новосибирск, 1999. - 573 с.
14. Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1:500000. Чита, 1997. - 239 с.
15. Гидрометеорологическая характеристика пограничной зоны р. Аргуни. Чита. (Забайкальское УГКС). 1984. - 102 с.
16. Гидрометеорологическая характеристика пограничной зоны р. Аргуни. Чита. (Забайкальское УГКС). 1984. - 102 с.
17. Гусев М.Н. Морфодинамика днища долины Верхнего Амура. Владивосток: Дальнаука, 2002.- 232 с.
18. Зайцев А.А. Роль ледовых явлений в формировании ложа и берегов русел крупных рек бассейна Лены // Безопасность энергетических сооружений. Вып. 11. М.: НИИЭС, 2003. С. 211-223.
19. Земцов А.А. Особенности развития русловых процессов на таежных реках // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М.: Изд-во МГУ, 1976. - С. 258-259.
20. Зима Ю.А. Изучение русловых деформаций р. Аргунь // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов: Материалы научной конференции. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН. 2005. - С. 77-78.
21. Зима Ю.В. Руслоформирующие процессы реки Аргунь //Природоохранное сотрудничество Читинской области (Российская Федерация) и автономного района Внутренняя Монголия (КНР) в трансграничных экологических регионах: Материалы конференции /Забайкал. гос. гум.-пед. ун-т. Чита, 2007. - С. 129-132.
22. Знаменская Н.С. Грядовое движение наносов. Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 188 с.
23. Казаков Л.А. К проблеме облесения Кузоменских песков. Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения. // под ред. В.В. Крючкова. – Апатиты: КФ АН СССР, 1982 - С.129-134.

24. Караушев А.В. Сток наносов, его изучение и географическое распределение. Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 239 с.
25. Козеренко В.Н. Геологическое строение юго-восточной части Восточного Забайкалья. Львов. Изд-во ЛГУ, 1956. - 310 с.
26. Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполярный»): влияние на наземные экосистемы / Под общ. ред. О.А. Хлебосоловой. Рязань: НП «Голос губернии», 2012. 92 с.
27. Лаврова М.А. Четвертичная геология Кольского полуострова. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960 - 233 с.
28. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 272 с.
29. Краснов А.Н. Формы поверхности суши и деятели, их создающие // Основы землеведения. Вып. III. Харьков, 1897. - 235 с.
30. Крошкин А.Н. К определению гидроморфологических характеристик и средней весовой концентрации влекомых наносов на горных реках // Движение наносов в открытых руслах. М.: Наука, 1970. - С. 111-119.
31. Лукина Н. В. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах = Pollution-induced digressions and rehabilitation successions in northern taiga forests /Н.В. Лукина, Т.А. Сухарева, Л.Г. Исаева; [Рос. акад. наук и др.]. – Москва : Наука, 2005. – 244,[1] с.
32. Львович М.И. Опыт классификации рек России // Труды ГГИ. Вып. 6. 1938. - С. 209-217.
33. Макарова Т.Д. Зональные и региональные факторы изменения экосистем Кольского Севера в условиях антропогенного загрязнения // Эколого- географические проблемы Кольского Севера : Сб. науч. тр /Рос. акад. наук. Кол. науч. центр им. С.М. Кирова, Ин-т пробл. пром. экологии Севера; [Ред. Г.В. Калабин, Т.Д. Макарова]. – Апатиты : КНЦ РАН, 1992. – 143 с.
34. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 348 с.

35. Маккавеев Н.И. Сток и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1971. - 116 с.
36. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Некоторые особенности дна долин больших рек, связанные с периодическими изменениями нормы стока // Вопросы географии. Сб. 79. М.: Географгиз, 1970. - С. 156-167.
37. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. - 264 с.
38. Материалы по гидрографии СССР. Серия «Реки». Т. 9. Бассейн Тихого Океана. Вып. 1. Бассейн р. Аргунь. Л., 1948. - 208 с.
39. Махинов А.Н. Условия формирования и характеристика стока взвешенных наносов рек юга Дальнего Востока // Формирование вод суши юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. С. 34-47.
40. Мюльгаузен Д.С., Панкратова Л.А. Комбинат «Печенганикель»: история и современное состояние // Современные проблемы сохранения биоразнообразия естественных и трансформированных экосистем. Материалы VIII ежегодной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» – памятнике природного и культурного наследия: 2013 г. Санкт-Петербург, Старый Петергоф, 28-29 ноября 2013 г. – СПб.: 2013, Изд-во ВВМ. – С. 239 – 247.
41. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1 – 6. Выпуск 2. Мурманская область. Л.: Гидрометиздат, 1988. – 320 с.
42. Никонов В.В., Переверзев В.Н. Почвообразование в Кольской Субарктике. - Л.: Наука, 19891 - 68 с.
43. Номоконов Л.К. Пойменные луга Аргуни и Шилки // Сибирский географический сборник. Л.: Наука. Вып. 7. 1971. - С. 55-63.
44. Особо охраняемые природные территории Мурманской области: информ. материал / Упр. природ. ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Мурман. обл., Кол. науч. центр Рос. акад. наук, Гос. природ.

заповедник «Пасвик». – 2-е изд., испр. и доп. – Мурманск: КНЦ РАН; Апатиты. 2003. – 72 с.: карты

45. Переверзев В.Н. Лесные почвы Кольского полуострова. - М.: Наука, 2004 - 232 с.

46. Попов И.В. Методические основы исследований руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1961. - 208 с.

47. Предбайкалье и Забайкалье. М.: Наука, 1965. - 492 с.

48. Раткин Н.Е. Закономерности и уровни аэротехногенного загрязнения ландшафтов Мурманской области и севера Скандинавии тема автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук // <http://www.dissercat.com/content/zakonomernosti-i-urovni-aerotekhnogennogo-zagryazneniya-landshaftov-murmanskoi-oblasti-i-sev#ixzz48008Eхср>

49. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т.18, Дальний Восток. Вып. 1. Амур. Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 490 с.

50. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.18, Дальний Восток. Вып. 1. Верхний и средний Амур. Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 783 с.

51. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 01. Кольский полуостров Под ред. Елшина Ю.А. и канд. географ. наук Куприянова В.В. Л.: Гидрометиздательство, 1970. - 316с.

52. Ржаницын Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 240 с.

53. Ржаницын Н.А. Руслоформирующие процессы рек. Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 264 с.

54. Рогозина А.Л., Степкин Е.С. Формационная принадлежность и корреляция отложений позднего докембрия Кольского полуострова. Стратиграфия подразделения докембрия Кольского полуострова. – Апатиты: КФ АН СССР, 1978 - С.130-155.

55. Россинский К.И., Дебольский В.К. Речные наносы. М.: Наука, 1980. - 216 с.

56. Россинский К.И., Кузьмин И.А. некоторые вопросы прикладной теории формирования речных русел // Проблемы регулирования речного стока. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. - С. 88-129.
57. Справочник по водным ресурсам СССР. Т. 28. Дальневосточный район. Л. 1935. – 242 с.
58. Талмаза Н.Ф., Крошкин А.Н. Гидроморфометрические характеристики горных рек. Фрунзе: Кыргызстан, 1968. - 204 с.
59. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по стабилизации русловых процессов р. Аргунь. Чита, ВостокНИИВХ, 2002. - 221 с.
60. Технический отчет по результатам наблюдений русловых деформаций 2001-2006 гг. на р. Аргунь в районе Большого острова. Читинский ЦГМС-Р, 2007. – 45 с.
61. Трепетцов Е.В. Инженерно-геологическая оценка размыва берегов р. Оби в степном Алтае //Бюллетень НТИ. М. 1964. №2 (52).
62. Уфимцев Г.Ф., Сизиков А.И. Забайкальское среднегорье // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974. – 324 с.
63. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. - 232 с.
64. Чалов Р.С. Типы русловых процессов и принципы морфодинамической классификации речных русел // Геоморфология. - 1996. - №1. - С. 25-36.
65. Чалов Р.С., Алабян А.М., Иванов В.В., Лодина Р.В., Панин А.В. Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС, 1998. - 288 с.
66. Чалов Р.С., Лю Шугуан, Алексеевский Н.И. Сток наносов и русловые процессы на больших реках России и Китая. М.: Изд-во МГУ, 2000. - 216 с.
67. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. - 608 с.

68. Шанцер Е.В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит // Труды Геол. ин-та АН СССР. Сер. геологич. Вып. 135. 1951. № 55. - 275 с.

69. Щукин И.С. Общая морфология суши. Т. 1. М.; Л.; Новосибирск: ОНТИ, 1933. - 366 с.

70. Энциклопедия Забайкалья: Читинская область. Т. 1: Общий очерк. – 2-е изд. Новосибирск: Наука, 2002. – 302 с.

71. Komar P.D. Shapes of streamlined island on the Earth and Mars: Experiments and analyses of the minimum-drag form // Geology. 1983. №11.

Источники:

72. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Абагайтуй) 1:25000, 1950 г., 2000 г.

73. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Среднеаргунск) 1:25000, 1950 г., 1960 г., 1970 г., 2000 г.

74. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Кайластуй) 1:25000, 1950 г., 1960 г., 1970 г., 2000 г.

75. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Капцегайтуй) 1:25000, 1950 г., 2000 г.

76. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Дурой) 1:25000, 1950 г., 1970 г., 2000 г.

77. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Кути) 1:25000, 1950 г., 1970 г., 2000 г.

78. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Староцурухайтуй) 1:25000, 1950 г., 1960 г., 1970 г., 2000 г.

79. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Средняя Борзя) 1:25000, 1960 г., 1970 г., 2000 г.

80. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Булдуруй 1-й) 1:25000, 1960 г., 1970 г., 2000 г.

81. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Аргунск) 1:25000, 1960 г., 1970 г., 2000 г

82. <http://pasvik51.ru> – Государственный природный заповедник «Пасвик»