На правах рукописи

Тухта Сергей Александрович

ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ КУДЫ (ВЕРХНЕЕ ПРИАНГАРЬЕ)

25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Томск – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории геоморфологии

Научный руководитель доктор географических наук,
старший научный сотрудник
Баженова Ольга Иннокентьевна

Официальные оппоненты:

Голосов Валентин Николаевич, доктор географических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, ведущий научный сотрудник

Кузнецов Александр Сергеевич, кандидат географических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория самоорганизации геосистем, научный сотрудник

Ведущая организация: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Защита состоится 19 февраля 2020 в 14 ч. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.267.15, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 (Главный учебный корпус, аудитория 119).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» www.tsu.ru.

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ:
http://www.ams.tsu.ru/TSU/QualificationDep/co-searchers.nsf/newpublicationn/TukhtaSA19022020.html

Автореферат разослан «_____» декабря 2019 г.
Ученый секретарь
диссертационного совета Квасникова Зоя Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Эрозионно-аккумулятивные процессы представляют собой совокупность явлений работы водных потоков на поверхности суши, интегрирующих происходящие на ней изменения природной среды и оказывающих обратное воздействие на нее [Маккавеев, 1955]. Она включает, отрыв, смыв, растворение, перенос, осаждение и сортировку материала. Процессы эрозии и аккумуляции рассматриваются в пространстве и времени, а также во взаимосвязи с определяющими факторами. Работа совершается в речных бассейнах.

Речные бассейны выступают главными элементами пространственной организации географической оболочки [Симонов и др., 2004]. В связи с этим бассейновый подход стал основополагающим при решении многих фундаментальных и прикладных вопросов географии [Симонов и др., 1997; Алексеевский и др., 1997; Хмелева и др., 2000; Голосов, 2006; Корытный, 2001]. Бассейны – иерархически построенные целостные образования, в которых замыкаются многие виды кругооборота вещества, обособившиеся в четких орографических границах [Корытный, 2017]. Как сложные каскадные системы [Chorley, Kennedy, 1971], в которых в результате перераспределения вещества и энергии между подсистемами, происходит постоянная перестройка рельефа, бассейны представляют большой интерес для геоморфологов. Изучение функционирования бассейнов (работы по перераспределению стока воды, наносов и растворенных веществ) позволяет исследовать механизмы взаимодействия процессов, оценивать скорость и направленность преобразования рельефа, а также давать прогноз развития эрозионно-аккумулятивных процессов на ближайшую перспективу. Поэтому в настоящее время во всем мире отмечается расширение геоморфологических исследований малых и средних речных бассейнов, в которых достаточно быстро проявляется изменение влияния отдельных факторов на режим функционирования литодинамических систем [8th International Conference…, 2013]. Особенно актуальны такие исследования для бассейнов, в которых на фоне климатических флуктуаций произошли серьезные изменения в землепользовании [Медведева и др., 2018]. Заметных перестроек в динамике эрозионно-аккумулятивных процессов следует ожидать в сельскохозяйственных районах России, где с конца 1990-х гг. отмечается сокращение площади пахотных земель. При этом для изучения перераспределения наносов особый интерес представляют речные бассейны в лесостепных районах, так как лесостепной максимум бассейновой эрозии имеет четко выраженную антропогенную обусловленность [Маккавеев, 1955; Дедков и др., 1977]. В связи с этим приоритетными объектами для познания

функционирования литодинамических систем выступают речные бассейны лесостепей юга Сибири, отличающиеся высокой чувствительностью и быстрой реакцией на изменения климата [Баженова и др., 2000]. К числу таких объектов относится бассейн р. Куды, расположенный на юге Среднесибирского плоскогорья.

Объект исследования: Бассейн р. Куды, как литодинамическая система.

Предмет исследования: Динамика эрозионно-аккумулятивных процессов и их вклад в перераспределение наносов в бассейне реки Куды.

Цель работы: Выявление пространственно-временных закономерностей развития эрозионно-аккумулятивных процессов в бассейне реки Куды.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть физико-географические условия развития процессов.
2. Охарактеризовать пространственную структуру бассейна р. Куды.
3. Изучить особенности функционирования бассейна в верхнем, среднем и нижнем звене системы и оценить степень влияния процессов на динамику рельефа.
4. Выполнить количественную оценку потенциального смыва на склоновых водосборах.
5. Определить баланс наносов в бассейне и выделить зоны экологической напряженности.

Научная новизна:

1. Впервые бассейн р. Куды рассматривается с системных позиций, как сложная литодинамическая система.
2. Проведена территориальная оценка факторов развития эрозионно-аккумулятивных процессов.
3. Раскрыты механизмы функционирования бассейна и прослежено перераспределение вещества различными литодинамическими потоками от верхних звеньев системы до замыкающего створа.
4. Выделены зоны с минимальной, умеренной и повышенной эрозионной опасностью и выявлены новые очаги возникновения эрозии. Намечены пути оптимизации природопользования, позволяющие снизить уровень интенсивности процессов и уменьшить риск возникновения катастрофических геоморфологических ситуаций в бассейне.
5. Количественно определен баланс вещества в системе. Выявлено, что значительная часть наносов аккумулируется в бассейне: на пойме, делювиальных шлейфах и на участках распространения карста.

Положения, выносимые на защиту:

1. Бассейн р. Куды является сложной каскадной литодинамической системой, региональные особенности, функционирования которой контролируются положением в переходной зоне между Байкальским рифтом и Сибирской платформой, приуроченностью к лесостепной зоне и высоким уровнем сельскохозяйственной освоенности.

2. Ведущую роль в перераспределении наносов в верхних звеньях бассейна играет ливневой смыв.

3. Функционирование бассейна в условиях современного тектонического опускания территории и интенсивного хозяйственного освоения вызывает усиленную аккумуляцию вещества и в целом выравнивание рельефа.

Методология и методы исследования. Исследование выполнялось с системных позиций, когда бассейн реки рассматривается в качестве сложной каскадной системы, включающей ряд подсистем, динамически связанных потоками вещества и энергии [Chorley, Kennedy, 1971; Симонов, Кружалин, 1992; Лихачева, Тимофеев, 2002; Голосов, 2006]. В качестве отдельных геоморфологических элементов исследовались склоны междуречий, овражно-балочная сеть и речная сеть [Чалов, 2002]. При изучении каждой подсистемы и каждого временного интервала функционирования бассейна использовался свой набор методов.

Определение современной внутривековой цикличности базировалось на анализе временных рядов геоморфологических и гидроклиматических показателей (сток наносов, многолетний ход атмосферных осадков, многолетняя динамика эрозионного индекса дождей, запасы воды в снеге на начало снеготаяния, многолетний ход количества и продолжительности пыльных бурь, температура воздуха и др.).

Количественная оценка потерь почв от эрозии на склонах базировалась на эмпирических количественных моделях Уишмейера и Смита, адаптированных применительно к условиям России [Ларионов, 1984; Литвин, 2002]. Для южных районов Сибири возможность использования методики была проверена материалами стационарных исследований [Баженова, 1993].

При анализе пространственных закономерностей распределения наносов в бассейне применялся картографический метод. Для выявления степени трансформации процессов в результате хозяйственного освоения проведен картографический анализ типов хозяйственного использования земель. Динамика русловых процессов изучалась с помощью анализа и сравнения карт и космоснимков разных лет съемки, включая старинные карты Переселенческого Управления.

Личный вклад соискателя. В ходе исследования пространственной структуры бассейна реки Куды, автором составлена: цифровая модель рельефа, картосхемы речной сети и каркасной структуры бассейна, а также продольные профили долин главных рек и их крупных притоков и поперечные профили сечения рельефа бассейна.

С помощью эмпирических моделей выполнена количественная оценка интенсивности смыва почв в бассейне р. Куды. В ходе оценки получен ряд количественных параметров (морфометрические показатели и эрозионный потенциал рельефа, эрозионный индекс осадков, эрозионный индекс агроценозов, эродируемость почв), которые легли в основу расчета потерь почв от ливневого и талого смыва. Для вычисления коэффициента смываемости почв автором выполнена часть лабораторных работ по определению органического углерода методом И. В. Тюрина и гранулометрического состава почв.

На основе этих данных составлен комплекс карт, которые отражают влияние отдельных факторов эрозии (геологическое строение, рельеф, климат, почвы, хозяйственная деятельность человека и др.) на современную динамику рельефа и дальнейшее поведение эрозионно-аккумулятивных процессов в бассейне. К их числу относятся: «Карты крутизны и экспозиции склонов», «Карта эрозионного потенциала рельефа», «Карты распределения эрозионного индекса агроценозов» по состоянию на 1989, 2000 и 2016 годы. Из ряда факторных составлены две результирующие – «Карта эрозионного зонирования бассейна р. Куды от стока ливневых вод» и «Карта потенциального смыва почв от стока талых вод в бассейне р. Куды».

Проведенная количественная оценка перераспределения вещества в разных литодинамических зонах и анализ стока воды и взвешенных наносов позволили рассчитать баланс наносов в бассейне р. Куды, определить механизмы его функционирования, и показать влияние эрозионно-аккумулятивных процессов на рельеф и его современную динамику.

Достоверность защищаемых положений подтверждается: проработкой большого объема отечественных и зарубежных литературных источников по теме диссертации, необходимым и достаточным количеством репрезентативных точек опробования в пределах исследуемой территории, аналитической обработкой образцов почв и рыхлых отложений с применением современных общепринятых инструментальных методов, публикацией основных положений диссертации в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в расширении представлений о закономерностях функционирования каскадных литодинамических систем речных бассейнов юга Сибири в условиях высокой антропогенной нагрузки.

Результаты исследования могут быть использованы для решения ряда экологических проблем, при составлении рекомендаций для природопользователей и кадастровой оценки территории. Работа может быть полезной для сельскохозяйственных предприятий, ведущих свою деятельность в пределах исследуемого объекта. Итоги работы и картосхемы, могут применяться в научной и учебной деятельности.

Апробация и публикации результатов исследования. Основное содержание исследований изложено в 14 научных публикациях. Из которых 6 статей опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 1 из которых входит в Web of Science. Остальные 8 – в сборниках материалов конференций.

Результаты диссертационного исследования докладывались на Всероссийских научно-практических конференциях: «Трешниковские чтения» (г. Ульяновск, 2016), «Эволюция и современное состояние ландшафтов и биоты внутренней Азии» (г. Улан-Удэ, 2016), «Байкал-Родина-Планета» (г. Иркутск, 2016) и Всероссийских конференциях с международным участием: «Отражение Био-, Гео-, Антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове» (г. Томск, 2016), «Экологический риск» (Иркутск 2017), «Современные проблемы географии и геологии» (г. Томск, 2017), Ландшафтная география в XXI веке (г. Симферополь, 2018), «XXXVI Пленум геоморфологической комиссии»,(г. Барнаул, 2018).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, списка литературы, включающего 166 источников и заключения. Текст изложен на 151 странице и содержит 15 таблиц, 45 рисунков. Все рисунки, таблицы, схемы, если это не оговорено особо, являются авторскими.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматриваются физико-географические условия исследуемой территории, включающие сведения о геологическом строении, современном рельефе, климате, почвенном и растительном покрове. Представлены основные этапы истории развития бассейна реки Куды. Особо отмечено влияние географического положения и природно-климатических условий на развитие широкого спектра экзогенных геоморфологических процессов в бассейне. Выделены группы процессов (криогенные, карстовые, эоловые), влияющие на мобилизацию вещества и подготовку к дальнейшему его движению.

Во второй главе представлены результаты количественной оценки интенсивности потенциального смыва почв от стока ливневых и талых вод в бассейне реки Куды. На основе проделанных работ проведено эрозионное зонирование бассейна, в ходе которого были выделены зоны с различной степенью эрозионной опасности.

При оценке интенсивности ливневого смыва выделено 6 таких зон (табл. 1).

Таблица 1 – Распределение зон с различной интенсивностью потенциального смыва от стока ливневых вод в пределах бассейна реки Куды.

Земли	**Интенсивность, т/га**	**Распространение**	
		Занимаемая площадь км^2	**% от общей площади бассейна**
Неэрозионноопасные	менее 1	2294	28,4
Слабо эрозионноопасные	1 – 2,5	2594	33,1
Умеренно эрозионноопасные	2,5 – 5	1541	19
Средне эрозионноопасные	5 – 10	1222	15
Сильно эрозионноопасные	10 – 20	193	2,3
Чрезвычайно эрозионноопасные	более 20	187	2,2

Неэрозионноопасные земли занимают 28,4 % от общей площади бассейна. К ним относятся зоны аккумуляции деллювия, днища речных долин и озерные котловины. Они приурочены к пониженным участкам и распространены по долинам главных рек бассейна и их притоков. Смыв здесь незначителен, а местами и вовсе отсутсвует (рис. 1).

Слабо эрозионноопасные земли имеют практически повсеместное распространение. Они приурочены к речным террасам, невысоким водораздельным поверхностям, а также их длинным и пологим склонам. В пределах данной зоны также происходит накопление материала. Проявления эрозии незначительны и носят локальный характер.

Использование сельскохозяйственных земель в пределах этих зон не требует специальных почвозащитных мероприятий. Однако к строительству жилых домов около рек нужно подходить с осторожностью и учитывать паводковый режим.

Умеренно эрозионноопасные земли распространены на северо-западе и юго-востоке бассейна, на водораздельных пространствах и склонах, средняя крутизна которых варьирует от 5 до 15°. Незначительная их часть сконцентрирована на юге и точечно представлена в центральной и северо-

восточной части. Для снижения темпов смыва допустимого уровня достаточно применить поперечную обработку почв на склонах.

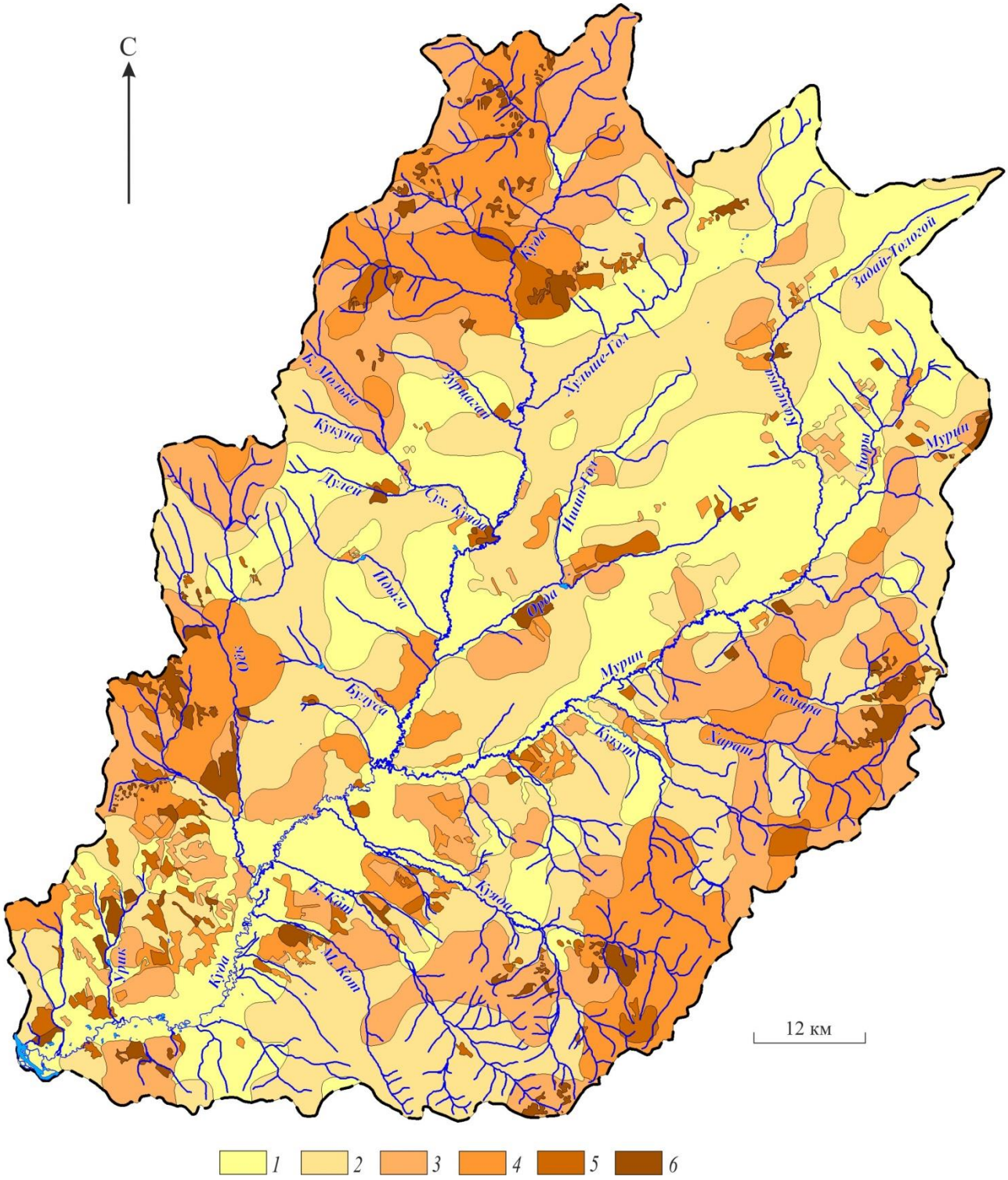

Рисунок 1 – Эрозионное зонирование бассейна реки Куды от стока ливневых вод

Земли: 1 – неэрозионноопасные (смыв менее 1 т/га); 2 – слабо эрозионноопасные (смыв 1 – 2,5 т/га); 3 – умеренно эрозионноопасные (смыв 2,5 – 5 т/га); 4 – средне эрозионноопасные (смыв 5 – 10 т/га); 5 – сильно эрозионноопасные (смыв 10 – 20 т/га); 6 – чрезвычайно эрозионноопасные (смыв более 20 т/га)

Средне эрозионноопасные земли занимают 15 % от общей площади. На распахиваемых площадях, в пределах долины реки Куды и приустьевых участках ее левых притоков модуль смыва достаточно высок, в сравнении с другими зонами. Потери почв составляют 5 – 10 т/га в год. Снижению эрозии здесь могут способствовать: поперечная распашка склонов, полосное размещение культур, буферные полосы из многолетних трав, совершенствование структуры агроценозов (снижение доли паров и пропашных, увеличение площадей занятых многолетними травами).

Самые малые площади занимают сильно эрозионноопасные и чрезвычайно эрозионноопасные земли. Их распределение носит точечный характер. Возникновение пожаров и интенсивные вырубки леса, в данных районах, привели к нарушению целостности растительного покрова. В свою очередь это значительно ослабило защитные свойства поверхности. При выпадении сильных ливней, в сочетании высоким эрозионным потенциалом рельефа, она стала подвергаться сильной эрозии. Поэтому здесь отмечаются чрезвычайно высокие показатели смыва, которые носят временный характер. При восстановлении растительного покрова потенциальный смыв будет уменьшаться.

В связи с сильной эрозионной опасностью в пределах этих зон дальнейшее сведение лесов недопустимо. Необходимы меры по восстановлению древесной растительности в местах многочисленных вырубок и гарей. Необходим повышенный контроль в пожароопасные периоды.

В отдельные годы существенное влияние на развитие эрозии оказывает смыв от стока талых вод. При оценке его интенсивности выделено 7 зон (табл. 2).

Таблица 2 – Распределение зон с различной интенсивностью потенциального смыва от стока талых вод в пределах бассейна реки Куды.

№ п/п	**Интенсивность, т/га**	**Распространение**	
		Занимаемая площадь, км^2	**% от общей площади бассейна**
1	менее 0,2	3486	43
2	0,2 – 0,5	3351	42
3	0,5 – 1	568	7
4	1 – 2	490	6
5	2 – 3	30	0,5
6	3 – 4	48	0,6
7	более 4	74	0,9

Наибольшую площадь (85%) занимают земли относящиеся к 1-й и 2-й зоне. Они распространены по ложбинообразным понижениям, днищам речных долин (смыв менее 0,2), а также по высоким террасам и небольшим водоразделам покрытами лесной растительностью, где смыв равен: 0,2 – 0,5 т/га в год.

В 3-ей зоне потери почв составляют: 0,5 – 1 т/га в год, а площадь их распространения составляет – 7%. Земли этой категории распологаются по крутым склонам в северо-западной и юго-восточной частях бассейна.

Самые малые площади занимают земли 4 – 7 зон (7%). В центральной и южной части бассейна встречаются пашни, смыв на которых составляет 1 – 2 т/га в год. Максимальные потери почв (2 – 4 и более т/га) точечно прослеживаются по окраинам бассейна. Это крутосклонные участки Онотской и Манзурской возвышенностей, пострадавшие от недавних пожаров и рубок леса.

Таким образом, бассейн реки Куды можно считать потенциально опасным в эрозионном отношении, несмотря на то, что большие площади занимают зоны с умеренным смывом. Человеческий фактор здесь играет одну из главных ролей и способен повлиять на ход и скорость протекания эрозионных процессов. В качестве яркого примера можно привести южную часть бассейна, которая по природным условиям не является опасной. Но рост селитебных зон и последствия интенсивной хозяйственной деятельности человека обусловили в этом районе более частые проявления эрозионных процессов.

При сравнении лесостепных районов юга Восточной Сибири по интенсивности потенциального смыва почв (табл. 3) установлено, что самым опасным районом в эрозионном отношении является Назаровская котловина, где 56% площади подвержено сильному смыву. Усиленной эрозией, но в меньшей степени отличается Иркутско-Черемховская равнина.

Таблица 3 – Распределение зон с различной интенсивностью потенциального смыва почвы в лесостепных районах юга Восточной Сибири (в % от общей площади) [Bazhenova, Tyumentseva, 2018 с добавлениями автора]

Интенсивность смыва, т/га в год	**Назаровская котловина**	**Канская котловина**	**Иркутско-Черемховская равнина**	**Бассейн р. Куды (Лено-Ангарская лесостепь)**
≤ 2	27	52	19	51
2-5	14	2	21	29
5-10	28	17	45	15
> 10	31	8	15	5

Изучаемый бассейн наряду с Канской котловиной отличается умеренным развитием эрозионных процессов. Более 50% площади этих территорий относится к зонам неэрозионноопасных или слабо эрозионноопасных земель. Эрозионная опасность возрастает от центра к периферии по мере увеличения ЭПР и ЭИО в этих районах.

В третьей главе Раскрыты особенности функционирования бассейна. Представлена его пространственная структура. Дана краткая характеристика отдельных звеньев системы. Подробно описана гидрографическая сеть. Приведены количественные данные о плотности овражного расчленения [Рыжов, 2015, 2019], рассчитаны морфометрические показатели по главным рекам бассейна, их притокам и водосборам. Составлены продольные профили главных рек бассейна и их долин.

Детально рассмотрены русловые процессы. Приведены количественные данные по стоку воды, взвешенных наносов и растворенных веществ за последние 75 лет. Проведено предварительное районирование бассейна р. Куды по типу речных долин, распространению речных русел разных морфодинамических типов и характеру русловых процессов [Опекунова, Тухта, 2017]. Рассчитан баланс наносов в бассейне.

Рассмотрено перераспределение наносов в бассейне р. Куды в соответствии с его структурой от верхних звеньев эрозионной сети к нижним. Количественные значения смыва представлены в (табл. 1, 2 и рис. 1). Они показывают, что в верхних звеньях эрозионной сети основной вклад в перераспределение наносов принадлежит *ливневому смыву* (табл. 1), в результате которого в движении участвует более 2,8 млн т наносов. *Смыв от стока талых вод* оказывает значительно меньшее влияние на функционирование бассейна. Практически повсеместно скорости талого смыва минимальны: на 85 % площади бассейна смыв не превышает 0,5 т/ га в год (табл. 2).

Для учета эрозионно-аккумулятивных процессов в среднем звене каскадной системы исследовалась *овражная эрозия*. Согласно расчетам по топографическим картам и космическим снимкам высокого разрешения на водосборе насчитывается 510 оврагов суммарной протяженностью 137 км. Плотность оврагов – 6,5 ед/100 км^2, густота расчленения – 17,5 м/км^2 [Рыжов, 2015]. Овраги распространены неравномерно в бассейне. Максимальная густота и плотность форм размыва приурочена к безлесным склонам западной, южной и юго-западной экспозиций долин Куды, Дундайки, Кукуна в пределах Лено-Ангарского плато.

В целом бассейн р. Куды характеризуется слабым овражным расчленением. Преобладают короткие (до 100–200 м) промоины и овраги глубиной 1–3 м. Для приводораздельных оврагов характерен прирост в устьевой части. Их вершины нередко упираются в уступы высотой до 50 м, сложенные кембрийскими

породами. За последние три десятилетия в связи с сокращением площадей пашни и снижением поголовья скота новые овраги возникли на участках вырубки леса, а существующие заросли травянистой и древесной растительностью, темпы роста их вершин не превышают 0,2–0,5 м/год.

В перераспределении наносов в бассейне заметную роль играет *сток растворенных веществ*. Поверхностные воды бассейна р. Куды различаются по химическому составу и минерализации [Загорулько, 2014]. Выделяются реки с водой малой минерализации (менее 200 мг/л) – Верхняя Хага, Куяда, Большой Кот; средней минерализации (200–500 мг/л) – Молька, Дундайка, Мурин, Баяндайка; повышенной минерализации (500–1000 мг/л) – Оёк; высокоминерализованной (более 1000 мг/л) – Орда, Ишин-Гол, Каменка [Загорулько, 2014]. Для расчета стока растворенных веществ берем среднее значение минерализации воды в устьевой зоне 450 мг/л. Исходя из среднего годового расхода воды 14,1 $м^3$/сек, получаем средний годовой сток воды равный 444 657 600 $м^3$. Отсюда сток растворенных веществ составляет 200 106 т, а модуль ионного стока – 24,8 т/ $км^2$ (около 25 т/$км^2$ в год). Эта величина близка к средним значениям химической денудации, характерным для лесостепной зоны умеренного пояса [Дедков и др., 1977].

Одним из важных показателей функционирования бассейна выступает *модуль стока взвешенных наносов*. Рассмотрена его динамика в замыкающем створе у с. Грановщина за период с 1938 по 2013 год (рис. 2 а). Выявлена его цикличность. Выделяются 11 летние циклы, равные циклам солнечной активности. Максимальные значения среднегодового модуля стока взвешенных наносов за 75-летний временной интервал отмечались в 1938, 1973, 1975 и 1986 гг. (от 10,4 до 14 т/км²). Минимальные значения (от 0,9 до 1,5 т/$км^2$) были зафиксированы в 1943, 1954, 1956, 1958, 1959, 1967, 1983, 1990, 1999, 2002, 2003, 2007, 2011 и 2013 гг. Обращает на себя внимание хорошая согласованность стока воды и стока взвешенных наносов (рис. 2 а, б). Из всего ряда выделяется два пика максимального стока взвешенных наносов, приуроченные к началу освоения целины (1962–1975 гг.) и ко времени наибольшей распаханности земель (1984–1987 гг.). В целом же объем стока взвешенных наносов из бассейна довольно низкий – в среднем 28 тыс. тонн в год.

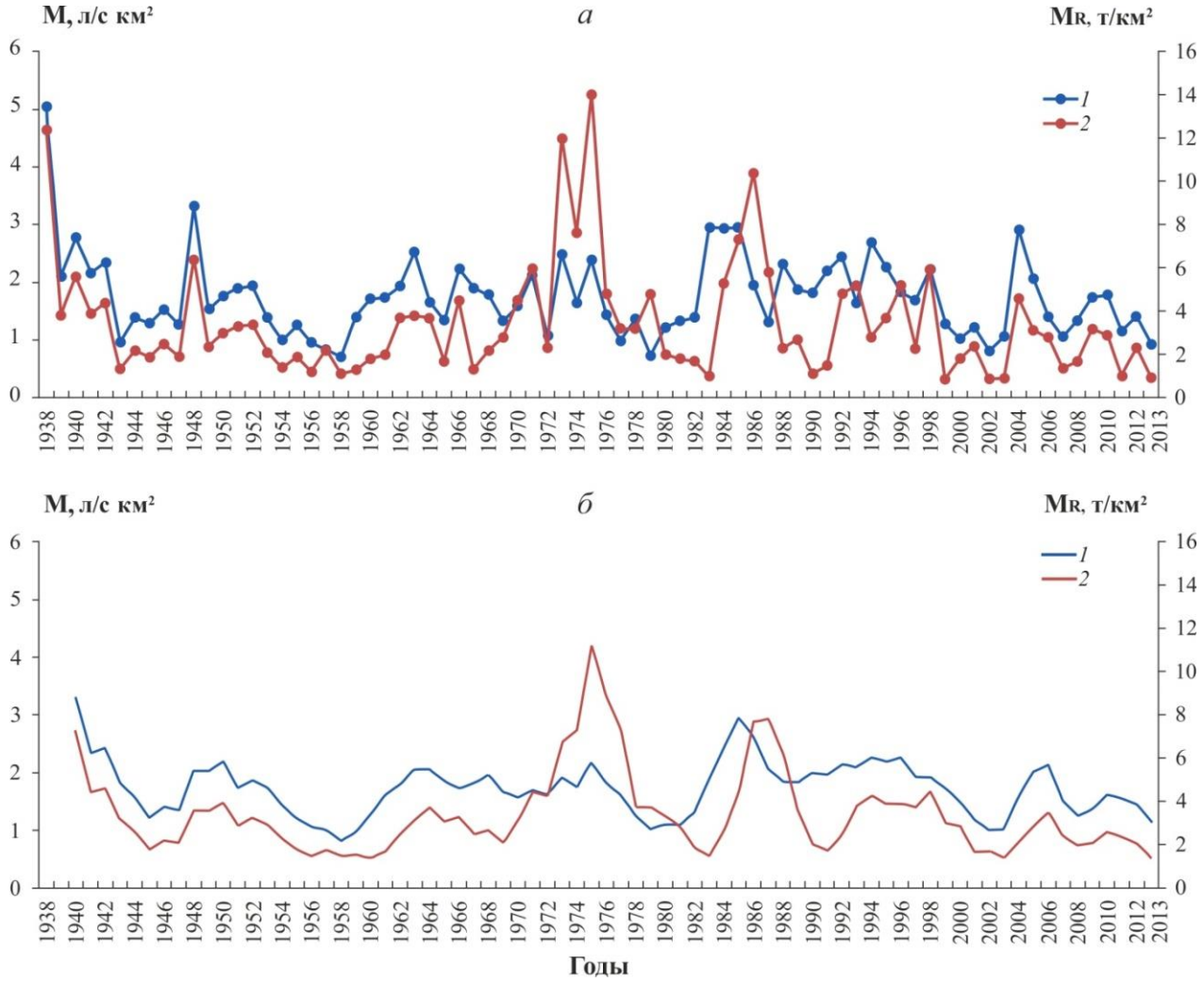

Рисунок 2 – Многолетняя динамика среднего годового модуля стока воды и взвешенных наносов в р. Куда у с. Грановщина с 1938 по 2013 гг.

а – ежегодные данные: 1 – модуль стока воды, 2 – модуль стока взвешенных наносов; б – данные сглаженные по трехлетиям: 1 – модуль стока воды, 2 – модуль стока взвешенных наносов.

Работа по выносу материала из бассейна совершаются реками.

Количественная оценка перераспределения вещества во всех литодинамических зонах позволяет определить *баланс наносов в бассейне* (рис. 3). Склоновым ливневым смывом в среднем в год перемещается 2 820 025 тонн наносов. Под действием талого смыва в движении находится 364 405 тонн наносов, т. е. всего в движении участвует 3 184 430 тонн наносов. В пересчете на единицу площади получается очень высокая интенсивность мобилизации и перераспределения наносов в системе – 395 т/км^2 .

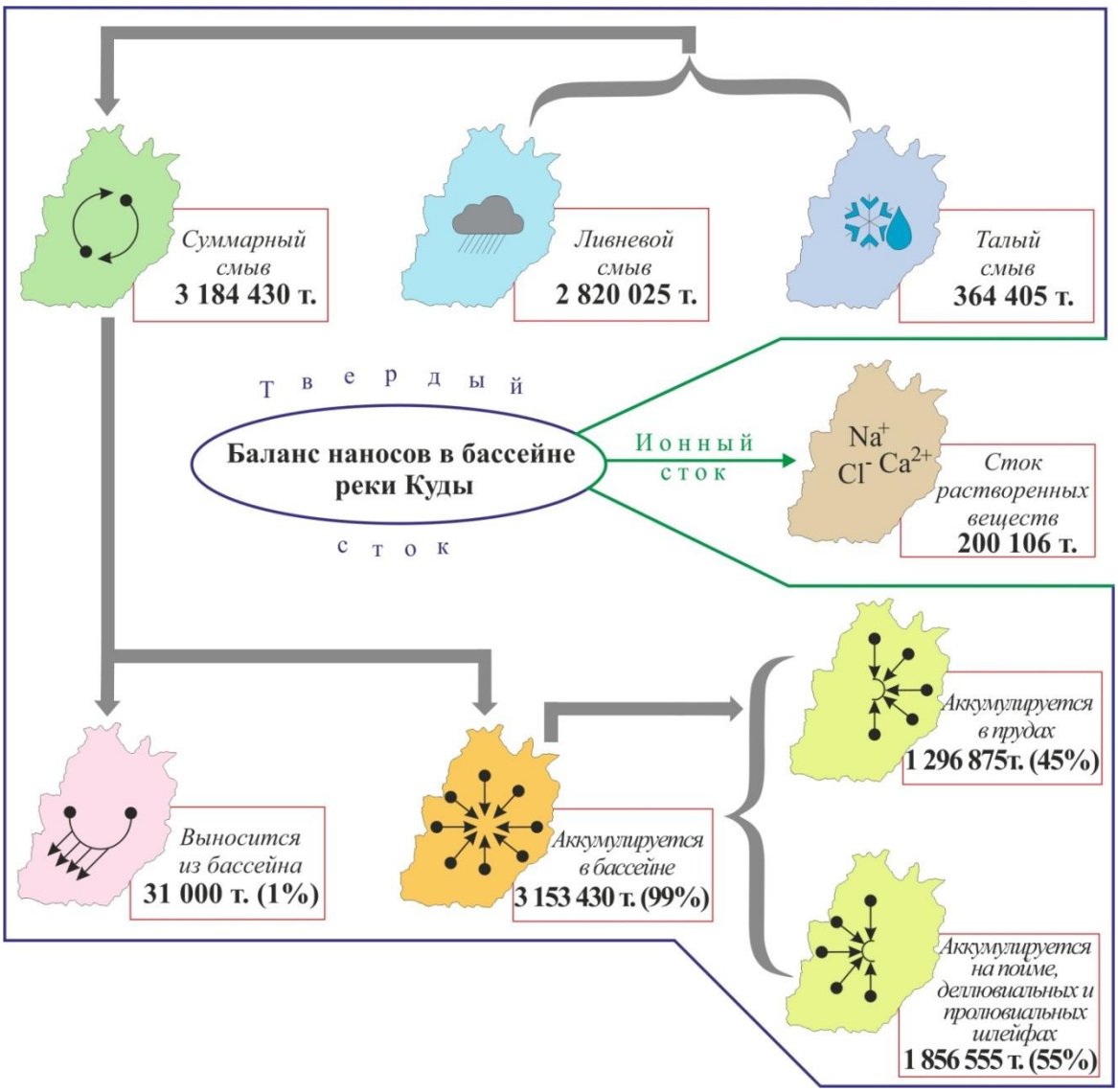

Рисунок 3 – Баланс наносов в бассейне р. Куды

При этом выход из системы со стоком влекомых и взвешенных наносов не превышает 31 тыс. тонн в год, что составляет всего лишь около 1 % от объема наносов, участвующих в движении. Остальные 99 % (3 153 430 тонн) остаются в бассейне.

Рассмотрим, каким образом они перераспределяются между элементами системы. Около 45 % наносов улавливается прудами. По данным [Угланов и др., 1990], в 1970-е годы. в бассейне насчитывалось около 100 прудов. Нами учтен материал по 13 наиболее крупным прудам и водохранилищам, которые хорошо видны на космических снимках (рис 4.). Объем смыва, указанный для каждого подбассейна вычислялся по данным карты распределения зон смыва бассейна р. Куды (рис. 1). В сумме получается 1 296 875 тонн.

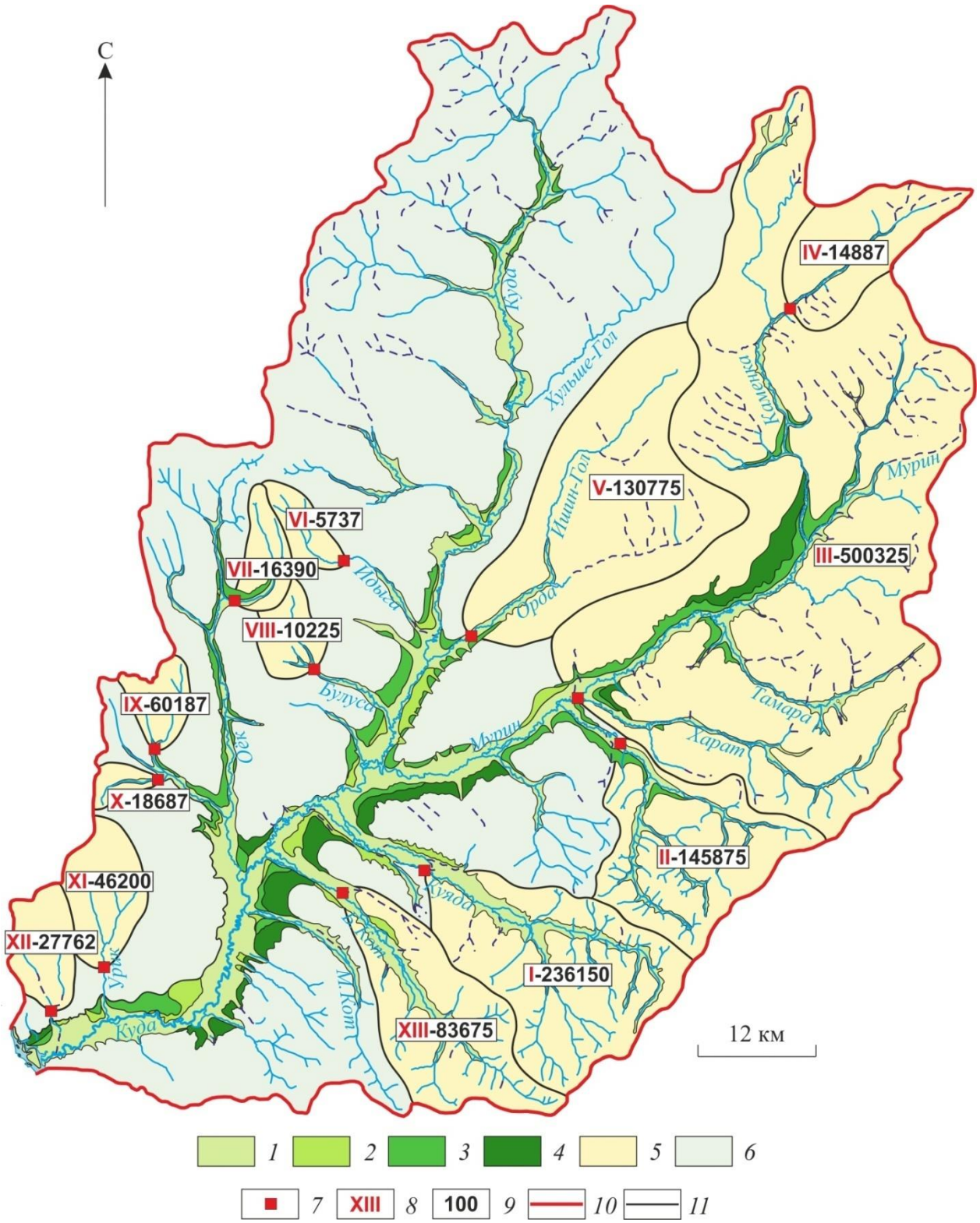

Рисунок 4. – Литодинамические зоны перераспределения наносов в бассейне реки Куды
Условные обозначения: Зоны аккумуляции и транзита вещества в днищах долин: 1 – пойма; 2 – первая терраса; 3 – вторая терраса; 4 – третья терраса. Зоны перераспределения наносов на склонах: 5 – ограниченные крупными прудами; 6 – с доставкой без антропогенных ограничений; 7 – положение прудов; 8 – номера подпруженных бассейнов; 9 – количество вещества перемещаемого в бассейнах, заканчивающихся прудами, т/год. Границы: 10 – бассейна р. Куды; 11 – бассейнов ограниченных прудами

Остальной объем наносов, составляющий 1 856 555 тонн (55 %) откладывается на пойме, делювиальных и пролювиальных шлейфах, а также на участках днищ долин с активным проявлением карста (рис. 3). Таким образом, основная часть наносов, участвующих в перераспределении, остается в бассейне.

ВЫВОДЫ

1. Проведенное исследование перераспределения наносов в каскадной литодинамической системе бассейна р. Куды показало, что ее функционирование происходит в условиях сложного сочетания природно-антропогенных факторов. Среди природных факторов выделяются современные тектонические движения в переходной зоне от Сибирской платформы к Байкальскому рифту, создающих гравитационный потенциал для активного перемещения вещества в каскадной системе. Функционирование бассейна происходит в условиях поднятия северной и восточной окраин и опускание его центральной и южной частей.

2. Лесостепной статус литодинамической системы обеспечивает высокие скорости эрозионно-аккумулятивных процессов, а также участие в мобилизации вещества к движению нескольких групп процессов, включающих криогенные, карстовые и эоловые.

3. Исследованием установлено влияние хозяйственной деятельности человека на ход эрозионно-аккумулятивных процессов в бассейне. Выполнена детальная оценка влияния изменения структуры землепользования на бассейновую эрозию за последние 30 лет. Она показала сокращение площади пашни на 30 % и снижение интенсивности смыва почв на залежных землях. Вместе с тем, отмечается появление новых очагов интенсивной эрозии почв на территориях, охваченных пожарами и вырубками леса. Предложены пути оптимизации землепользования, направленные на предотвращение дальнейшей деградации почвенного покрова.

4. Проведенная работа по оценке потенциального смыва позволила определить направление и динамику движения вещества в бассейне, а также выделить литодинамические зоны.

5. В функционировании бассейна прослеживается внутривековая цикличность. Отмечаются 11-летние циклы, которые объединяются в более крупные. За последние 75 лет наблюдаются 2 полных 22-ух летних цикла. Выделяется также два пика максимального стока взвешенных наносов, к началу освоения целины (1962–1975 гг.) и ко времени наибольшей распаханности земель (1984–1987 гг.). В целом же объем стока взвешенных наносов из бассейна довольно низкий – в среднем 28 тыс. тонн в год.

6. Определен баланс вещества в бассейне. В результате активного смыва почв в верхней склоновой зоне эрозионной сети к днищу долин доставляется в год 3 184 430 тонн наносов. При этом происходит снижение верхнего яруса рельефа, в котором участвуют также медленные массовые движения грунтов и эоловые процессы. Однако основная часть вещества, участвующего в движении, остается в бассейне, так как интенсивная хозяйственная деятельность, включающая земледелие, добычу полезных ископаемых, строительство дамб, организацию прудов и т. д., вносит свои коррективы в перераспределение наносов и их доставку к замыкающему створу системы. Коэффициент доставки наносов не превышает 1 %.

Таким образом, функционирование бассейна в условиях современного тектонического опускания Кудинской синеклизы, интенсивного хозяйственного освоения и слабо выраженного отрицательного тренда стока наносов вызывает усиленную аккумуляцию вещества в бассейне и в целом выравнивание рельефа.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Баженова О. И. Экстремальные фазы денудации и вопросы геоморфологической безопасности Верхнего Приангарья / О. И. Баженова, Е. М. Тюменцева, **С. А. Тухта** // География и природные ресурсы. – 2016. – № 3. – С. 118–129. – 0,9 / 0,3 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Bazhenova O. I. Extreme Phases of denudation and questions of geomorphological security of the Upper Angara region / O. I. Bazhenova, E. M. Tyumentseva, **S. A. Tukhta** // Geography and natural resources. – 2016. – Vol. 37, № 3. – P. 246–256. – DOI: 10.1134/S1875372816030082.

2. Опекунова М. Ю. Морфология долин и пойменно-русловых комплексов рек Верхнего Приангарья (на примере бассейна реки Куды) [Электронный ресурс] / М. Ю. Опекунова, **С. А. Тухта** // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 2. – С. 133–139. – URL: http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36375 (дата обращения: 27.03.2019). – 0,6 / 0,3 а.л.

3. **Тухта С. А.** Количественная оценка интенсивности ливневого смыва почв в бассейне реки Куды (Лено-Ангарская лесостепь) / С. А. Тухта // География

и природные ресурсы. – 2017. – № 4. – С. 94–104. – 0,92 а.л. – DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(94-104).

4. Опекунова М. Ю. Пойменно-русловые комплексы реки Куды (Верхнее Приангарье) / М. Ю. Опекунова, **С. А. Тухта** // Вестник Бурятского государственного университета. – 2017. – № 4. – С. 107–115. – 0,57 / 0,28 а.л.

5. Опекунова М. Ю. Структурный анализ речных бассейнов Верхнего Приангарья / М. Ю. Опекунова, А. В. Бардаш, **С. А. Тухта** // Геодезия и картография. – 2017. – Т. 78, № 11. – С. 50–59. – 0,83 / 0,25 а.л. – DOI: 10.22389/0016-7126-2017-929-11-50-59.

6. Опекунова М. Ю. Структурный анализ речных бассейнов Верхнего Приангарья (На примере реки Оек) / М. Ю. Опекунова, А. В. Бардаш, **С. А. Тухта** // География и природные ресурсы. – 2018. – № 3. – С. 156–163. – 0,78 / 0,29 а.л. – DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(156-163).

Публикации в прочих научных изданиях:

7. **Тухта С. А.** Динамика стока наносов в бассейне реки Куды (Верхнее Приангарье) / С. А. Тухта // Трешниковские чтения : материалы всероссийской научно-практической конференции. Ульяновск, 31 марта – 01 апреля 2016 г. – Ульяновск, 2016. – С. 40–41. – 0,24 а.л.

8. Баженова О. И. Современная динамика рельефа и проблемы геоморфологической безопасности Предбайкалья / О. И. Баженова, Е. М. Тюменцева, **С. А. Тухта** // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : материалы VI Всероссийской конференции с международным участием «Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове», посвященная 125-летию со дня рождения Ростислава Сергеевича Ильина. Томск, 10–14 сентября 2016 г. – Томск, 2016 – С. 38–41. – 0,26 / 0,08 а.л.

9. **Тухта С. А.** Экзогенные процессы в бассейне реки Куды / С. А. Тухта // Эволюция и современное состояние ландшафтов и биоты внутренней Азии : материалы всероссийской конференции, посвященной 75-летию со дня рождения и 50-летию научной и научно-педагогической деятельности профессора А. Б. Иметхенова. Улан-Удэ, 14 октября 2016 г. – Улан–Удэ, 2016. – С. 263–268. – 0,25 а.л.

10. **Тухта С. А.** Сток наносов в бассейне реки Куды / С. А. Тухта // Байкал – Родина – Планета : материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, 21–22 октября 2016 г. – Иркутск, 2016. – С. 61–63. – 0,24 а.л.

11. **Тухта С. А.** Опасные экзогенные процессы в бассейне реки Куды / С. А. Тухта // Экологический риск : материалы IV Всероссийской конференции

с международным участием. Иркутск, 18–21 апреля 2017 г. – Иркутск, 2017. – С. 300–302. – 0,24 а.л.

12. **Тухта С. А.** Эрозионноопасные земли бассейна реки Куды / С. А. Тухта // Современные проблемы географии и геологии : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск, 16–19 октября 2017 г. – Томск, 2017. – Т. 2. – С. 65–68. – 0,25 а.л.

13. Опекунова М. Ю. Динамика пойменно-русловых комплексов рек Верхнего Приангарья / М. Ю. Опекунова, И. Н. Биличенко, В. А. Голубцов, **С. А. Тухта** // Ландшафтная география в XXI веке : материалы международной научной конференции «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г. Е. Гришанкова» Симферополь, 11–14 сентября 2018 г. – Симферополь, 2018. – С. 298–302. – 0,27 / 0,06 а.л.

14. **Тухта С. А.** Количественная оценка интенсивности потенциального смыва почв от стока ливневых и талых вод в бассейне реки Куды (Верхнее Приангарье) / С. А. Тухта // Геоморфология – наука XXI века : материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Барнаул, 24–28 сентября 2018 г. – Барнаул, 2018. – С. 358–362. – 0,23 а.л.

ТУХТА Сергей Александрович

ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В БАССЕЙНЕ РЕКИ КУДЫ (ВЕРХНЕЕ ПРИАНГАРЬЕ)
Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата географических наук

Подписано к печати 16.12.2019 г.
Формат 60×84/16. Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 885.
Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.
664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.