

**М.Ю. ОПЕКУНОВА**

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, opek@mail.ru

**АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ  
ФЛЮВИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНЕ РЕКИ БОЛЬШОЙ БЕЛОЙ В 2019 ГОДУ  
(ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Рассмотрены особенности развития эрозионно-аккумулятивных процессов во время прохождения катастрофических паводков 2019 г. на реках бассейна р. Ангары в Иркутской области (на примере р. Большой Белой). Полевые исследования проводились в рамках программы мониторинга динамики и развития пойменно-русловых комплексов и береговых деформаций на реках Верхнего Приангарья. Отмечено, что наличие линейных объектов инфраструктуры (дорог) в пределах пойменных массивов часто провоцировало усиление скоростей потоков, увеличение объемов переносимого материала, а также формирование аккумулятивных форм рельефа, которые в дальнейшем могут препятствовать водообмену между русловыми и пойменными потоками, а также служить дополнительным фактором развития негативных для человека процессов, способных повлечь разрушение объектам хозяйственной деятельности либо нанести им существенный урон.*

**Ключевые слова:** Верхнее Приангарье, морфодинамические типы русел, русловые плановые деформации, динамика пойменно-русловых комплексов, эрозионно-аккумулятивные процессы, экстремальные паводки, грунтовые дороги.

**M.Yu. OPEKUNOVA**

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, opek@mail.ru

**THE ANTHROPOGENIC FACTOR OF EXTREME MANIFESTATION  
OF FLUVIAL PROCESSES IN THE VALLEY OF THE BOL'SHAYA BELAYA RIVER IN 2019  
(IRKUTSK OBLAST)**

*This paper considers the characteristics of the occurrence of erosion-accumulation processes at the passage of the 2019 disastrous floods on the rivers of the Angara river basin in Irkutsk oblast (using the Bol'shaya Belaya river as an example). Field investigations were made within the program of monitoring the dynamics and development of floodplain-channel complexes and coastal deformations on the rivers of the Upper Angara region. It is pointed out that the existence of line facilities of the infrastructure (roads) within the floodplain massifs often triggered an enhancement in the flow velocities, an increase in the volumes of transported material as well as the formation of accumulative landforms which can subsequently prevent the water exchange between channel and floodplain flows and serve as an additional factor for the occurrence of negative processes for humans which can involve destruction to the facilities of economic activity, or do a substantial damage to them.*

**Keywords:** Upper Angara region, morphodynamical types of channels, channel plane deformations, dynamics of floodplain-channel complexes, erosion-accumulation processes, extreme floods, dirt roads.

**ВВЕДЕНИЕ**

Выявление закономерностей проявления русловых процессов и динамического развития пойменно-русловых комплексов ряда рек Верхнего Приангарья под влиянием природного и антропогенного факторов — актуальное направление, затрагивающее сферы прикладных задач рационального природопользования и теоретических вопросов флювиального рельефообразования.

Одним из факторов, усиливающих степень проявления процессов флювиального рельефообразования на территории Иркутской области, в том числе и до экстремальных моментов, в последнее время стало усиление циклонической деятельности [1] и прохождение катастрофических летних паводков.

В настоящее время наводнения признаны одним из ведущих факторов чрезвычайных ситуаций для южных районов Иркутской области [2], среди которых наиболее опасными являются дождевые паводочные [3–5]. Наводнения на реках Иркутской области сопровождаются активизацией неблагоприятных для человека геоморфологических процессов, особенно в предгорных и горных областях. Кроме того, экстремальные проявления флювиальных процессов — прохождение водокаменных селей — отмечены и в левобережье р. Белой в пределах равнинных территорий [6].

В июне–июле 2019 г. на реках Иркутской области были зафиксированы наводнения, которые не только нанесли ущерб народному хозяйству, но и повлекли за собой человеческие жертвы. Территория бассейна р. Белой незначительно пострадала от паводков, но в течение некоторого времени ряд населенных пунктов был изолирован из-за повреждения дорог паводочными водами. Подъем воды в бассейне р. Большой Белой (приток р. Белой) составил от 1,5 (гидропост Инга) до 3,5 м (гидропост Большебельск) [7].

Цель работы — оценить степень и масштаб проявлений эрозионных и аккумулятивных процессов в пределах долины р. Большой Белой непосредственно во время прохождения финальной стадии первой паводочной волны 2019 г. Для достижения цели ставились следующие задачи: получить актуальные данные о спектрах процессов и скорости формирования береговых уступов; оценить объем переносимого материала во время прохождения катастрофических паводков; выявить особенности рельефообразования пойменно-русловых комплексов; оценить влияние антропогенного фактора на прохождение процессов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретической и методической основой таких исследований стали разработки представителей отечественной школы географического русловедения Н.И. Маккавеева [8], Р.С. Чалова [9], экологического русловедения — А.В. Чернова [10]. Согласно методическим указаниям [8–10], была проведена типизация морфодинамических русловых и пойменных типов рек в пределах изученных участков. В рамках подготовительного этапа мониторинга сделан анализ разновременных геоизображений, литературных источников, собственных материалов, которые позволили выделить наиболее мобильные участки для мониторинга береговых деформаций и динамики пойменно-русловых комплексов.

Геоморфологическое исследование участков переформирования русел рек, с использованием данных съемки с беспилотных летающих аппаратов, включало морфометрические измерения элементов рельефа, отбор проб четвертичных отложений для дальнейшего анализа, а также оборудование участков (установка реперов) для дальнейшего мониторинга за динамикой процессов формирования и развития береговых уступов.

Территория исследования расположена в среднем течении р. Большой Белой (рис. 1) и охватывает предгорья Восточного Саяна и внутреннюю зону Предсаянской впадины с типами рельефа от низкогорного до платообразного и равнинного [11]. Бассейн р. Большой Белой в пределах рассмат-

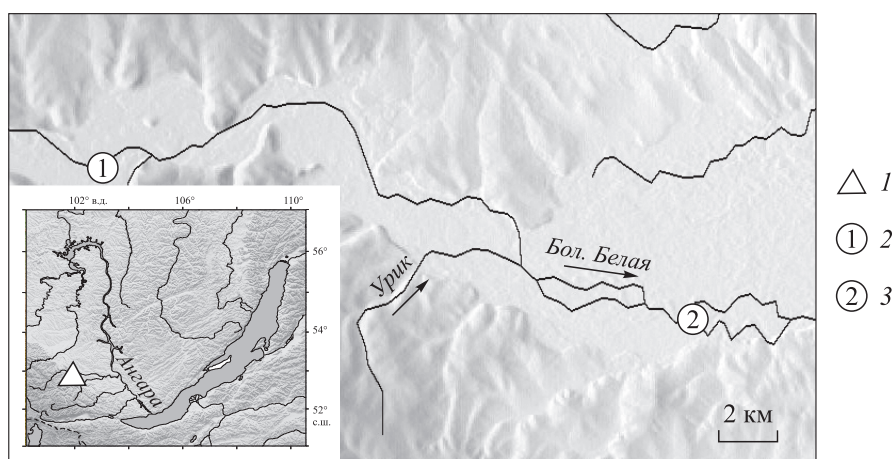


Рис. 1. Ситуационная схема территории исследования.

Участки: 1 — ключевой, 2 — Новостройка, 3 — Большебельск.

риваемого участка лежит в поле распространения кембрийских доломитов, известняков и юрских песчаников [12]. Длина реки — 280 км, площадь водосбора — 18 тыс. км<sup>2</sup>, средний многолетний расход воды в пределах участков исследования составляет 39,4 м<sup>3</sup>/с (пос. Новостройка) и 43,3 м<sup>3</sup>/с (с. Инга) [13]. Высоты водоразделов достигают 800 м (участок Новостройка), снижаясь вниз по течению до 600 м (участок Большебелъск). Территория относится к Иркутско-Черемховскому гидроморфологическому району, для которого характерен выраженный летний паводок [11]. В пределах долины выделяется два уровня пойм с высотами 1 и 2 м, первая терраса высотой до 6 м, вторая — до 9 м, третья фрагментарно — до 20 м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для долины р. Большой Белой в пределах предгорий характерны широкопойменные разветвленно-извилистые с адаптированными и свободными излучинами русла с сочетанием ложбинно-островных, проточно-островных и сегментных пойм.

Процессы эрозии в предгорной части бассейна р. Большой Белой на территории исследования выражены в виде разрушения береговых уступов, отступления линии береговой бровки, плоскостного смыва, линейной эрозии (формирование промоин и следов размывов) на поверхности пойм. По полевым наблюдениям, которые проводились во время финальной стадии первой волны паводка 2019 г., отступление берегов за счет разрушения достигало 2 м. Наибольшее развитие такие процессы получили в уступах высоких и низких пойм, сложенных супесчано-песчаными отложениями на галечниковых основаниях. Процессы разрушения супесчаных пачек происходили в виде отседания блоков грунта, с дальнейшим их обваливанием и осыпанием.

Часто наблюдалось разрушение береговых уступов, происходящее в результате склоновых процессов — сползания дернового горизонта по галечниковому основанию. Характеристики устойчивости галечниковой толщи за счет водонасыщения заполнителя снижаются, что активизирует процессы ее осыпания и сползания. Глубина промоин на поверхности пойм достигала 0,5 м, наиболее глубокие промоины формировались на поверхностях, лишенных растительности. Аккумулятивные процессы выражались в основном в виде отложений песка и мелкого гравия, редко гальки, а также древесины (стволов деревьев) на поверхности прирусловых частей пойм. Мощность песчаных наносов на поверхности поймы достигала 0,6–0,8 м.

Наиболее интенсивное проявление эрозионно-аккумулятивных процессов наблюдалось на участках пересечения проток грунтовыми или полевыми дорогами, которые во время обводнения территории играют роль плотин. Ширина дорог составляет 4–5 м, высота насыпей — до 1–1,5 м, либо они отсутствуют. Дороги в пределах рассматриваемой территории часто проходят вдоль русла, пересекая многочисленные протоки. В маловодные фазы эти протоки, как правило, осушены, поэтому мостовых переходов с водопропускными системами через них не возводят, ограничиваясь отсыпкой отрицательной формы. На двух участках — Новостройка и Большебелъск — нами отмечено переформирование рельефа, вызванное экстремальными процессами рельефообразования, связанными с разрушением дорог потоками пойменных проток.

Участок Новостройка расположен в 4 км выше по течению от устья р. Урик. Большая Белая на этом участке обладает меандрирующим руслом с русловыми и пойменными разветвлениями. Ширина русла — 150–158 м, падение — 1,5 м/км. Рельеф прирусловой части поймы относится к ложбинно-островному и ложбинно-проточному типам и представлен сочетанием островков, грив и ложбин с высотами до 2 м, проток, русел постоянных и временных притоков. Проточно-ложбинная система сформирована постоянными (р. Чернушка) и временными водотоками, второстепенными протоками, ширина которых не превышает 7 м. Поверхности центральной и притеррасной частей пойм ровные, заболоченные, с редкими островками. Пойма высотой 2–2,5 м в прирусловой части сложена пачкой галечника мощностью 1,3–1,5 м, на которой залегают супесчаные отложения мощностью до 0,7 м.

На этом участке в результате подпора дорогой потока в протоке, дальнейшего прорыва тела насыпи и разрушения дороги произошло насыщение потока грубообломочным материалом и дальнейшее его переотложение в устье (рис. 2, а).

В устьевой части протоки сформировалось аккумулятивное тело, сложенное галькой валовидной формы с более длинным склоном по направлению к реке (крутизна от 15 до 24°) и крутым береговым уступом (30–31°) (см. рис. 2, б). Устьевой вал — наземный фрагмент конуса выноса, который выдвигается в русло от 2 до 4 м, площадью 27 м<sup>2</sup>. Размеры его надводной части составляют 13 × 5 × 1,5 м, т. е. объем конуса выноса приблизительно 130 м<sup>3</sup>. Площадь его подводной части, согласно анализу ортофо-

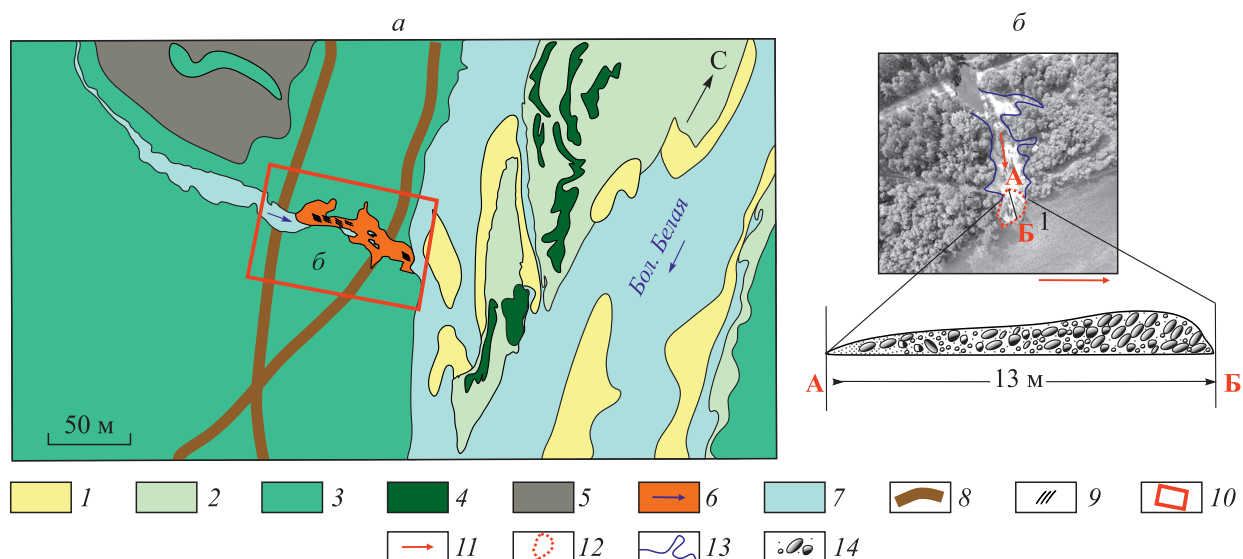


Рис. 2. Пойменно-русловые комплексы р. Большой Белой в пределах участка наблюдения береговых деформаций Новостройка.

*a* — карта-схема, составленная по ортофотоплану (дата съемки июль 2019 г.); *б* — аэроснимок (июль 2019 г.); АБ — продольный профиль устьевого вала. 1 — песчано-галечниковые отмели; 2 — низкая пойма высотой до 1 м; 3 — высокая пойма высотой 2,5 м; 4 — пойменные гривы высотой до 1,5 м; 5 — ложбины размыва; 6 — староречья глубиной до 1,5 м; 7 — водные объекты, направление течения; участок разрушения дороги и формирования устьевого вала; 8 — дороги; 9 — участки аккумуляции древесины; 10 — участок переформирования рельефа и формирования устьевого вала; 11 — направление потока при прорыве дороги; 13 — очертания устьевого вала, границы распластывания потока; 14 — песчано-галечниковые отложения.

тоснимка, составляет около 162 м<sup>2</sup>, первоначальные объемы вынесенного материала оценить сложно. В приустьевой части тело вала прорезают небольшие протоки глубиной 35–40 см, шириной до 1,5 м.

О его силе и скорости можно судить по строению руслового галечника и морфологии русла протоки ниже разрушенного моста. Длина русла 40 м, ширина 4–5 м. В русле отмечены водобойные ниши глубиной до 1 м и длиной до 10–11 м. По периферии русла сформировались валы, сложенные галечниковым материалом высотой до 1,2 м и длиной до 13 м. Мощность песчаных наносов, образованных при распластывании потока ниже разрушенного моста, составляет 20 см.

Русловая галька на участке ниже прорыва насыпи мостового перехода уложена вертикально (ориентирована длинной осью перпендикулярно поверхности), что характерно для горных рек с высокой турбулентностью потока; ниже по течению текстура обычной черепитчатой укладки (длинная ось обломков совпадает с направлением потока). Рассчитанные скорости потока при таких значениях среднего диаметра гальки и при средней глубине потока 1,5 м могли превышать 2,4 м/с [14]. Галечниковый материал однороден для двух проб, отобранных в русловой части протоки и в приречной части конуса выноса, медианный диаметр гальки ( $M_e$ ) составляет 6 см, модальное значение ( $Mod$ ) — 5 см, коэффициент сортированности равен 1,1 (хорошая сортировка).

Участок Большебелеск расположен в 53 км ниже по течению. Как и на вышеописанном участке, пойменный массив здесь пересекает дорога (рис. 3). Рельеф высокой (до 2 м) поймы представлен сегментно-гривистыми и проточно-островными участками (см. рис. 3, *a*). Поверхность низкой поймы высотой до 1 м слабоволнистая, сочетает ложбины до 6 м шириной и слабовыраженные гряды. Участок переформирования рельефа находится в зоне разветвления основного русла и протоки, в которую впадает второстепенная протока, частично обводненная в межень (снимки Google Earth, Bing, Landsat предыдущих лет). Основное русло образует здесь крутую сегментную излучину с шагом 0,7 км, радиусом 0,18 км, стрелой прогиба 0,44 км. В месте разделения основного русла и протоки также образуется крутая сегментная излучина, ширина основного русла в этом месте составляет 150 м, а протоки — 43 м. Ширина второстепенной протоки здесь 18 м. Устьевую часть протоки пересекает автомобильная грунтовая дорога. Анализируя снимки предыдущих лет, можно предположить, что прокладка дороги нарушила систему водообмена протоки и основного русла и на фоне маловодной фазы послужила еще одной причиной отмирания протоки (см. рис. 3, *a*).

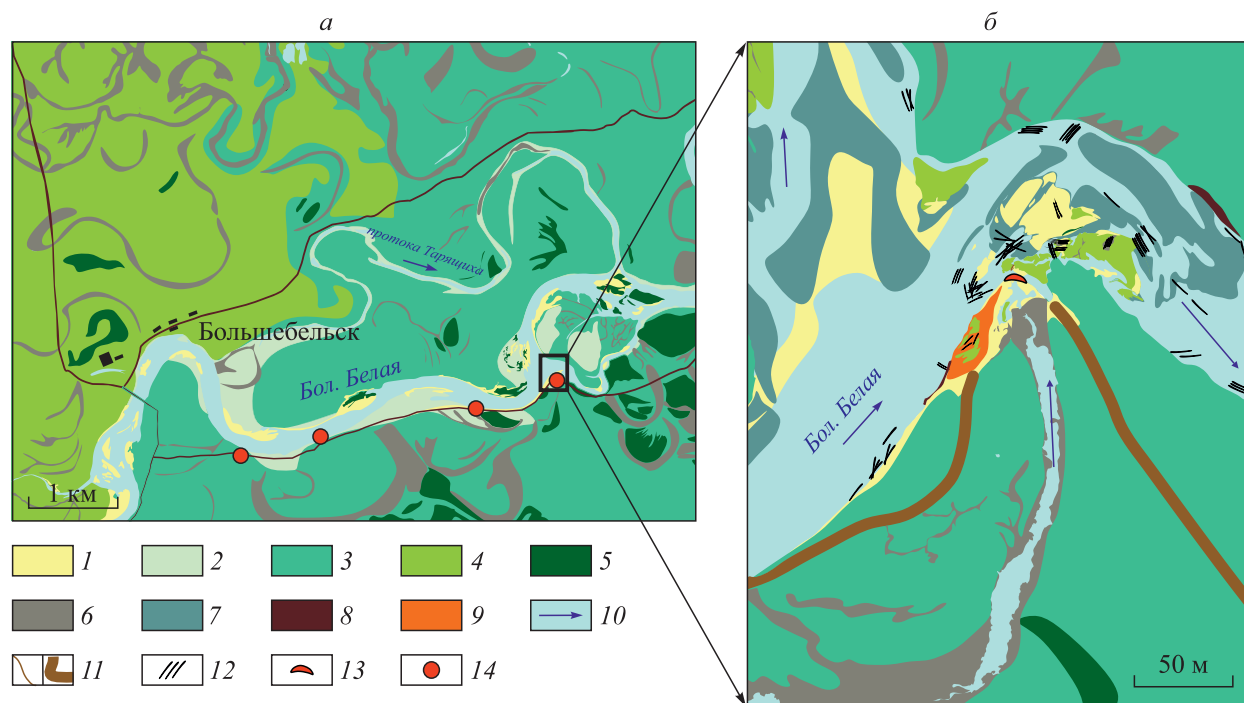


Рис. 3. Пойменно-русловые комплексы р. Большой Белой в пределах участка наблюдения береговых деформаций Большебельск.

*a* — карта-схема, составленная по космоснимку Google Earth (дата съемки июнь 2019 г.); *б* — карта-схема строения рельефа участка, составленная по ортофотоплану (июль 2019 г.). 1 — песчано-галечниковые отмели; 2 — русловые гряды; 3 — низкая пойма высотой до 1 м; 4 — высокая пойма высотой 3,5 м; 5 — первая терраса высотой до 6 м; 6 — пойменные гривы высотой до 1,5 м; 7 — ложбины размыва, староречья глубиной до 1,5 м; 8 — интенсивно разрушаемые береговые уступы; 9 — участок разрушения дороги и формирования устьевого вала; 10 — водные объекты, направление течения; 11 — дороги; 12 — участки аккумуляция древесины; 13 — устьевой вал; 14 — точки мониторинга за береговыми процессами.

Образование устьевого вала на этом участке произошло по сценарию, описанному выше: наполнение водой протоки, прорыв дорожной насыпи, формирование конуса выноса. Площадь наземной части конуса выноса — устьевого вала на этом участке составила 185,75 м<sup>2</sup>, ширина достигала 10 м, длина — 28 м, а высота от уреза — до 1,5 м. В теле вала сформировались несколько протоков глубиной до 1 м, а также образовалась терраска высотой до 0,9 м со стороны главной реки.

Размеры галечного материала, слагающего вал, здесь увеличились за счет впадения крупного притока — р. Урик — выше по течению. Медианный диаметр гальки (*Me*) составляет 8 см, модальное значение (*Mod*) — 8 см, коэффициент сортированности равен 1 (хорошая сортировка). Заполнитель — разнозернистый песок.

Выше по течению был обследован участок с признаками интенсивного разрушения береговых уступов (см. рис. 3, *a*). Объемы материала, поставляемого в русло (участок Большебельск), составили 1800 м<sup>3</sup> на отрезке интенсивно разрушаемого берегового уступа протяженностью 600 м (высота уступа — 2 м, средняя величина отступления бровки уступа — 1,5 м). Средний объем отложенный разрушенного берега, попавшего в русло, составляет около 300 м<sup>3</sup> на 100 м береговой линии в естественных условиях, а на участке разрушения дороги увеличивается до 480 м<sup>3</sup> на 100 м.

Летом 2020 г. в ходе мониторинговых исследований территории повторного обследования участка Большебельск было установлено, что при проведении работ по восстановлению дороги приустьевой вал был рекультивирован. Однако выровненный участок по-прежнему препятствует естественному водообмену между руслом главной реки и протокой. В устьевой части формируются новые русла с признаками интенсивного врезания.

Таким образом, в пределах рассмотренных участков объем материала разрушения берегов во время прохождения экстремальных гидрологических явлений зависит от морфодинамического руслового типа, достигает максимальных значений на вогнутых берегах излучин (составляя в среднем 300 м<sup>3</sup>).

Разрушения дорог на пойме, связанные с обводнением протока, происходят в результате подпруживания, увеличения скорости потока при прорыве до 2,4 м/с, увеличения объемов переносимого материала: на участке Новостройка — в 2 раза, Большебельск — в 1,6. Формирование таких валов в устьях протоков в период прохождения паводков связано с подпором основной реки, что впоследствии затрудняет и вынос материала с поймы. В пределах этих же массивов можно отметить значительные скорости отступления берегов и участки экстремальных проявлений флювиального рельефообразования, которые во многом связаны с нарушением естественной поверхности инженерными сооружениями.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дороги, пересекающие протоки, во время прохождения паводков и обводнения территории играют роль дамб. Разрушение таких искусственных сооружений в период паводков часто увеличивает интенсивность проявления флювиальных эрозионно-аккумулятивных процессов, делая их опасными для человека и приводя к материальному ущербу. Вновь сформированные аккумулятивные формы микрорельефа в устьях протоков создаются при взаимодействии антропогенного и естественного факторов. Можно предположить повторение подобных сценариев экстремального проявления экзогенных геоморфологических процессов в будущем — при восстановлении дорог в прежнем плане и достаточной обводненности территории. Дополнительным фактором распластывания потока и отложения материала на поверхности поймы может стать устьевой вал, который будет блокировать водообмен между руслами основной реки и протоки и поймой. В результате возможно изменение типа поймы с проточно-островного на ложбинно-островной. Кроме того, в таких устьях проток меняется морфология подводной части береговых уступов, происходит их выполаживание и поднятие базиса эрозии (за счет материала конуса выноса) для протока. Вследствие этого также активизируются процессы аккумуляции в протоке. Для дальнейших исследований развития процессов в пределах этих участков планируется продолжение мониторинговых работ.

*Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А17-117041910171-7) и при финансовой поддержке РФФИ и правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 17-45-388070-р\_а.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаликовский А.В., Лепихин А.П., Тиунов А.А., Курганович К.А., Морозов М.Г. Наводнения в Иркутской области 2019 года // Водное хозяйство России. — 2019. — № 6. — С. 48–65.
2. Кичигина Н.В. Опасность наводнений на реках Байкальского региона // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 2. — С. 45–51.
3. Корытный Л.М., Кичигина Н.В., Напрасников А.Т. Экстремальные гидрологические ситуации Сибири: географический аспект // Экстремальные гидрологические ситуации / отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. — М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. — С. 104–118.
4. Иванов Я.М. Экстремальные природные явления исторического прошлого на территории Иркутской области. — Иркутск: Изд-во Ирк. ун-та, 1997. — 96 с.
5. Макаров С.А. Сели Прибайкалья. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2012. — 111 с.
6. Астраханцев В.И. Селевые явления // Братское водохранилище. Инженерная геология территории. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — С. 186–188.
7. Уровень воды онлайн [Электронный ресурс]. — <https://allrivers.info/> (дата обращения 20.10.2019).
8. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. — 355 с.
9. Чалов Р.С. Общее и географическое русловедение. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. — 112 с.
10. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. — М.: Крона, 2009. — 684 с.
11. Иркутская область: экологические условия развития: Атлас / Отв. ред. А.Р. Батуев. — М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. — 90 с.
12. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Ангара-Енисейская. Лист N-47 (Нижнеудинск): Объяснительная записка / Ред. Е.П. Миرونюк, В.В. Перфильев, В.Е. Руденко. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. — 652 с.
13. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16: Ангара-Енисейский район. Вып. 2: Ангара. — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — 595 с.
14. Железняков Г.В. Пропускная способность русел и каналов. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 311 с.

*Поступила в редакцию 23.09.2020*

*После доработки 19.10.2020*

*Принята к публикации 20.10.2020*