

ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА ЗАТОПЛЕНИЯ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ПОЙМЫ р. ЛЕНЫ В РАЙОНЕ г. ЯКУТСКА

А.С. Завадский¹, В.В. Сурков², М.А. Самохин³

^{1,2} *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
Научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов*

³ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра гидрологии суши*

¹ *Вед. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: az-mgu@mail.ru*

² *Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: vita.surkov@yandex.ru*

³ *Науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: gidromiha@mail.ru*

Противопаводковая защита г. Якутска включает 75 км дамб. В ее пределах находится 40% левобережной части дна долины (270 км²). Дамбы уменьшили ширину разлива в районе Якутска на 1,3–5 км (на 15–30%). Сооружение защитного периметра сопровождается застройкой поймы и трансформацией ее урочищ.

На пойме возникли четыре типа бассейнов. Первый тип включает регулярно затопляемую прирусловую зону. Трансформация потока половодья здесь локальна, сохраняются луговые и лесные урочища поймы. Второй тип – массивы центральной поймы, сохранившие гидравлическую связь с руслом реки. Вероятность их затопления снизилась в 2–3 раза. Они обсыхают, деградируют болота и гидроморфные урочища, наблюдается осушодоливание лугов; усилилась пастбищная дигрессия, пойма активно застраивается. Третий тип – изолированные, огражденные дамбами бассейны. В зависимости от водного баланса в них наблюдается обсыхание или заболачивание. На селитебной территории заболачивание преобладает, чему способствует разорванность сети старичных ложбин, перекрытых дамбами. Непроточность ухудшает дренаж поймы: подтопления кварталов обычны, вода накапливается под зданиями, разрушая сваи и фундаменты, что приводит к авариям. Четвертый тип – бассейны протекающих по пойме малых рек. Сейчас возможность их затопления ограничена; обсыхание способствует распространению сухих и остепненных лугов на склоны грив и в днища ложбин. Пастбищное использование поймы привело к смене лесных урочищ лугово-кустарниковыми сообществами; но вокруг новых дачных поселков отмечается восстановление лесов и мелколесий. Незатапливаемые участки застраиваются. При дальнейшем освоении поймы следует предусматривать не только водозащитные, но и природоохранные мероприятия, и меры по благоустройству пойменных территорий, выходящих из зоны затопления.

Ключевые слова: долина Туймаада, половодье, водозащитные дамбы, трансформация пойменного ландшафта

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.4.10

ВВЕДЕНИЕ

Бурный рост расположенного на левом берегу р. Лены (местное название долина Туймаада) г. Якутска (с 1950 по 2020 г. его территория выросла в 10 раз при увеличении числа жителей с 60 до 340 тыс.), и освоение поймы подтолкнуло строительство защитных сооружений, которое началось после мощных половодий 1958 и 1964 гг.; основной противопаводковый контур создан после наводнения 2001 г. Создан проект инженерной защиты всей левобережной поймы, дамбы длиной 65 км протянутся от Табагинского до Кангаласского мыса, перекрывая рукава реки и протоки. Это позволит вывести из зоны затопления территории вдоль русла реки Лены и возобновить строительство многоэтажных кварталов на отсыпках, опыт которого был получен в конце XX в. (202-й и 203-й кварталы).

Обвалование поймы означает ее превращение в техногенную террасу, затопление которой исключительно [Беркович и др., 2000; Сурков, 2010]. Такие террасы характерны для территорий с противопаводковой защитой, распространены в нижних бьефах ГЭС (Обь, Иртыш), на реках с управляемым водным режимом (Москва, нижний Неман), возникают при изъятии части стока реки на орошение и водопотребление, при сооружении насыпных площадок. Их водный режим отличен от пойменного; он нуждается в контроле и компенсационных мероприятиях, в том числе гидротехнических – строительстве дренажных и оросительных сетей, шлюзов, дамб, отводов [Завадский и др., 2019; Беркович и др., 2005]. Техногенные террасы активно эксплуатируются и требуют не только водозащитных, но и природоохранных мер, направленных на адаптацию террито-

рий к новому гидрологическому режиму. Основная задача работы – исследование изменений водного режима поймы в условиях сокращения ее затопления из русла реки и последствий строительства защитных дамб.

Объект исследований. Максимальная ширина дна долины р. Лены между Табагинским и Кангаласским мысами (долины Туймаада), ограниченной высокими уступами Лено-Вилуйской равнины и Бестяхской террасы, – 20,5 км. Четверть его (172 км²) занимают Якутская (1-я надпойменная) и Сергеляхская (2-я надпойменная) террасы, образующие на левобережье массив шириной 2–7 км. Ширина поймы здесь составляет 9,5–11,3 км, площадь – 491 км²: 55% ее территории находится на правобережье, 38% – на левобережье Лены и 7% занимают острова и островные массивы, из которых большинство – прибрежные, отделенные от берега маловодными рукавами реки.

Три ступени поймы образуют разновозрастные генерации, различные по рельефу и почвенно-растительному покрову. Первая, высотой 5–7 м над меженным уровнем реки, – покрытая ивняком прирусловая островная пойма. Вторую, высотой 7–9 м (центральную кустарниково-луговую пойма) образуют крупные островные массивы, причлененные к берегу. Поверхность третьей ступени гривистая, с отметками грив 8–11 м. За пределами селитебных территорий она используется как пастбище, и естественных урочищ на ней осталось немного. С третьей ступенью поймы генетически связана (их рельеф одинаков) 1-я надпойменная терраса, образующая четвертый уровень высотой 11–17 м. Сергеляхская терраса высотой более 15–17 м лежит вне зоны затопления.

Долина Туймаада – наиболее освоенная территория Республики Саха (Якутия) с развитой жилой, промышленной и сельскохозяйственной инфраструктурой. Здесь проживает 40% населения республики (380 из 975 тыс. чел.), здесь же находится ее административный центр – г. Якутск, многочисленные сельские поселения. Современный вектор эволюции ландшафтной структуры – смена сельскохозяйственных, лесных, луговых и болотных урочищ селитебными. Левобережье застраивается городскими кварталами, быстро расширяется дачная периферия, возводятся фермы, базы отдыха, сельскохозяйственно-торговые и промышленные предприятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Предлагаемая статья обобщает многолетние исследования водного режима р. Лены, ее поймы, иллюстрирует преобразование половодного потока дамбами и характеризует экологическое состояние

поймы после строительства противопаводкового защитного периметра вокруг г. Якутска.

Информационной базой исследования является комплекс инженерных изысканий (гидрологических, геодезических, ландшафтно-геоморфологических), выполненных научно-исследовательской лабораторией эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ в 2016–2023 гг. на 75-километровом отрезке днища долины р. Лены в районе г. Якутска. Наряду с натурными исследованиями для оценки механизмов затопления поймы в естественных условиях и при различных вариантах искусственного ограничения выхода воды на пойму или снижении глубины ее затопления применялись методы численного моделирования гидравлики потока и русловых деформаций. В частности, широкое применение получила двумерная численная модель Stream 2D [Беликов и др., 2002], неоднократно применявшаяся для решения широкого спектра водохозяйственных и воднотранспортных задач Якутского узла и сопредельных участков реки Лены [Krylenko et al., 2024; Чалов и др., 2019; Golovlyov et al., 2019].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Естественный режим половодья. Лена – река с восточносибирским типом водного режима. Он отличается низкой зимней меженью, весенне-летним половодьем с резким и высоким ростом расходов и уровней воды, их медленным спадом, слабо выраженной летне-осенней меженью с дождевыми паводками. Средняя продолжительность половодья в Якутске 75 суток. Весной (май – июнь) проходит 41% годового стока, летом и осенью (июль – октябрь) – 49%, зимой (ноябрь – апрель) – не более 10%. Среднегодовой расход воды у Табагинского мыса – 7250 м³/с, средний максимальный расход воды в половодье 36 600 м³/с, максимальный, зафиксированный в 1966 г., – 54 700 м³/с [Чалов и др., 2019].

Затопление поймы начинается при подъеме воды на 6,5 м (выше этой отметки лежит 80% ее поверхности) при расходах воды 20–22 тыс. м³/с. Первая ступень поймы покрывается водой с вероятностью 70–80%: побочни, осередки (4,5–5 м) и ложбины затапливаются в среднем на 45–50 суток (от 7–15 дней в маловодный до 90–105 суток в многоводный год), острова (5–7 м) – в среднем на 15 дней (от 2–5 до 45 суток). Полное затопление второй ступени регулярное (1 раз в 3–5 лет), но кратковременное: средняя продолжительность ее затопления 3–6 дней, вероятность – 18%. В многоводные годы островные массивы второй ступени находятся под водой до двух недель. Гривы третьей ступени поймы и понижения первой надпойменной

террасы покрываются водой нерегулярно, с промежутком от 2 до 10–20 лет, не более чем на 3–5 суток. Третья ступень полностью не затопляется: поток рассредоточивается по межгрядным и старичным понижениям, глубина затопления низких гряд не превышает 1 м. Освобождение поймы от воды задерживают паводки, когда активно функционируют пойменные протоки. В изолированных межгрядных понижениях вода держится до конца августа – начала сентября: мерзлота препятствует фильтрации воды в грунт.

Из-за небольшой площади понижений регулирующая способность поймы мала. Даже при 1%-м половодье (11,6 м, расход воды 53,1 тыс. м³/с) по основному руслу реки проходит 81–84% расхода воды. Между Табагинским мысом и Якутском правобережная пойма ниже левобережной, и поток половодья направлен вправо: по расчетам, на правобережную пойму поступает до 18% расхода воды (9,4 тыс. м³/с). На левобережную пойму приходится всего 25 м³/с, или менее 0,5%. Левобережные пойменные протоки маловодны, что тоже снижает возможности затопления поймы. Ниже г. Якутска по течению правобережная часть поймы выше левобережной на 0,5–2 м, здесь наблюдается обратная картина.

Перед половодьем в основном русле Лены подолдом идет медленный (1–10 см/сут) подъем уровней и льда; вода выжимается на лед по трещинам и растекается по его поверхности. Разрушаются торосы, толщина льда за счет таяния подошвы уменьшается на 20–30 см. Боковые рукава зимой перемерзают (толщина льда на Лене от 120 до 220 см) и в начале половодья не активны. Для их оживления вода в основном русле должна подняться на 4–4,5 м, что происходит при расходах 5–5,5 тыс. м³/с. В пойменных протоках (рис. 1А) лед тает на месте; ледовые плотины до общего затопления поймы устойчиво держатся в плесах, озерах-разливах, в вершинах излучин, выше мостов и дамб. Они способствуют затоплению тыловых массивов поймы. Если льда в пойменных протоках нет (зимнюю межень они стоят сухими), то талые воды свободно стекают в русло Лены, затопление притеррасной поймы невелико.

Половодье начинается вскрытием основного русла реки. Рост уровней воды (10 суток) после вскрытия ускоряется скачкообразно: 2,5–4,8 м в сутки. В фазу подъема уровней вода покрывает две низкие ступени поймы. Острова затопляются одновременно: вода поступает как с ухвостья, так и через многочисленные понижения в верхней бровке. При подъеме воды на 7,5–8 м над ними устанавливается транзитный поток: по затопленной ступени свободно проходят льдины, скапливаясь в полосах ивняков. Слив воды с островов обеспечивают их осевые

ложбины. Мелкие и неширокие (20–40 м) в верхней части, к ухвостью они становятся шире (до 100 м) и глубже, заканчиваясь затоном. При снижении уровней до 5–6 м ложбины распадаются на плесы-озера; в межень они пересыхают, превращаясь в топкие хвощовые и кустарниковые болота.

Затопление островных массивов второй ступени обычно происходит снизу, по ложбинам и понижениям, в высокие (выше 8,5 м) половодья – через понижения прирусловых валов. Разветвленная сеть старичных понижений обеспечивает быстрое затопление ступени и быстрый сток воды. Осевыми ложбинами здесь служат старые межостровные рукава, длинные, широкие и глубокие. В них впадают мелкие, узкие и короткие, заросшие кустарником ложины, и вся структура имеет разветвленную древовидную конфигурацию. Осевые ложбины островных массивов пересекаются редко, создавая несколько каналов стока.

В фазу подъема по ложбинам вода проникает во внутренние части второй ступени, расчленив ее на изолированные массивы. Глубина затопления на пике половодья – 1–3 м (см. рис. 1Б); прирусловые валы затопляются в последнюю очередь. Кулисы ивняков препятствуют транзитному потоку; даже при максимальном затоплении он огибает затопленные центральные ядра островных массивов. Течение наблюдается лишь в межостровных протоках, которые становятся ответвлениями рукавов реки. На спаде половодья первыми обсыхают приверхи островных массивов и прирусловые валы, последними – межостровные протоки. Течение в них прекращается только при снижении уровней до 3–4 м над меженью, через 2,5–3 месяца после пика половодья. В заболоченных внутриостровных депрессиях вода может стоять весь теплый период года.

До середины XX в. разливы на третьей ступени (см. рис. 1В) имели сложную картину. Ниже Табагинского мыса затоплялась пойма у с. Старая Табага (в том числе и населенный пункт), оттуда через ложбину оз. Синигэс вода поступала в Табагинское болото, минуя останец террасы у п. Табага с запада. Поверхность Табагинского болота – плоской депрессии с озерами и мелководными разливами – была покрыта водой почти весь год. Сток отсюда затруднен: болото ограничено высокими массивами поймы и уступами останцов 1-й террасы, на которых расположены п. Табага и Хатассы. Избыток воды из Табагинского болота по пойменным протокам сливался в р. Шестаковку у дачных поселков Сардана и Тускул и на низкую пойму к северу от с. Хатассы. Возможность перелива воды в р. Шестаковку сохранялась до 1960-х гг., до строительства Табагинского шоссе и подъездной дороги к с. Хатассы.

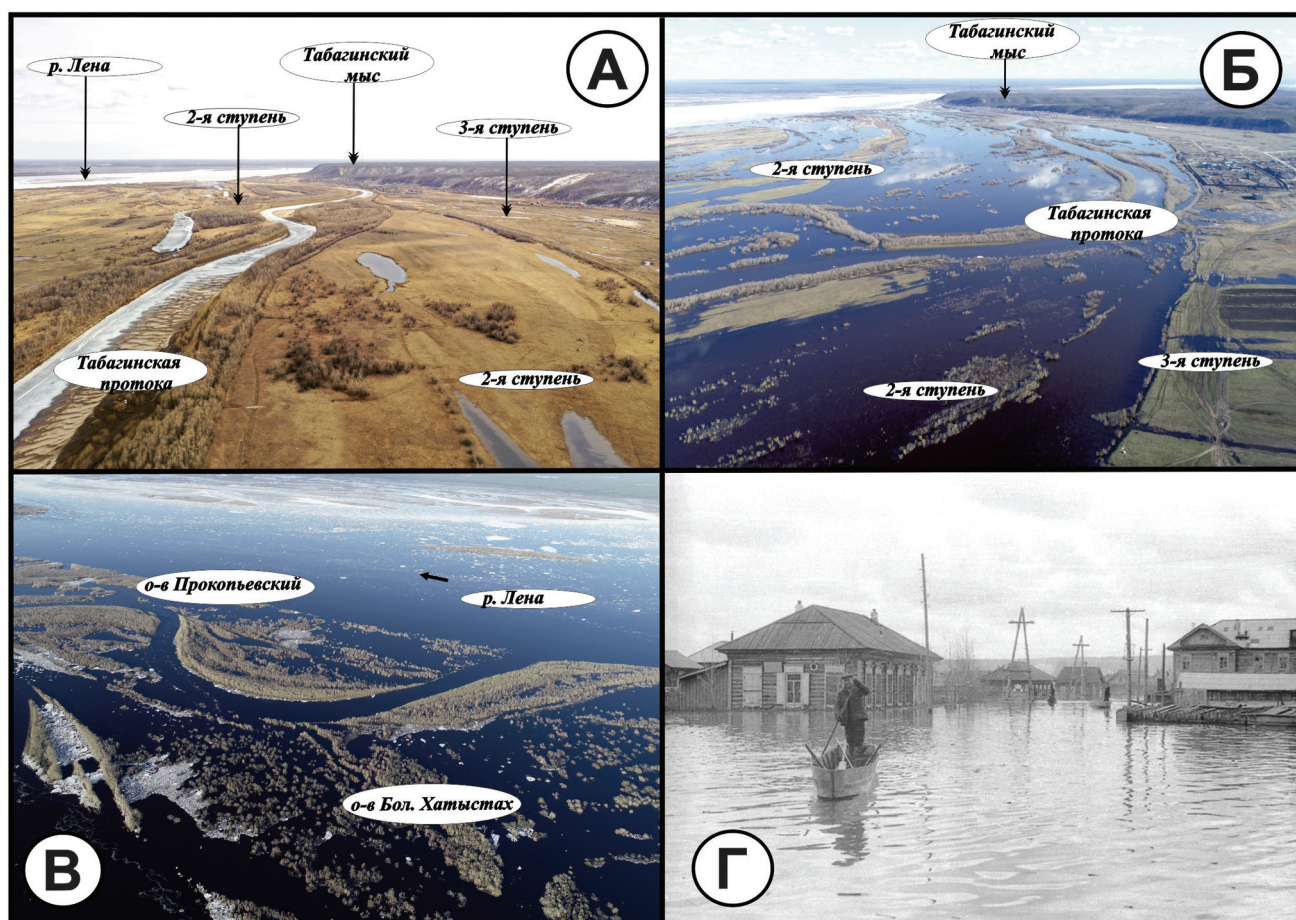


Рис. 1. Половодье в долине Туймаада:

А – пойма ниже Табагинского мыса перед половодьем, 2022 г.; Б – пойма ниже Табагинского мыса в фазу подъема воды, 2022 г.; В – 2-я ступень левобережной поймы в Якутске на пике половодья, 2022 г.; Г – затопление мкр. Залог в 1966 г. (фото с сайта sakhaday.ru)

Fig. 1. Flood in the Tuimaada valley:

А – floodplain below the Tabaginsky Cape before high water, 2022; Б – floodplain below the Tabaginsky Cape during water rise phase, 2022; В – 2nd step of the left-bank floodplain in Yakutsk at the peak of high water, 2022; Г – flooding of the Zalog quarter in 1966 (photo from the sakhaday.ru website)

В Якутске на третью ступень вода поступала из Городской протоки через массивы Зеленый Луг и Даркылах, в тыловую часть дна долины – из долины р. Шестаковки по длинной (25 км) ложбине с озерами (Атласовские, Чочур-Мурэн, Хатынг-Юрях, Белое), протягивающейся между долинами р. Шестаковки и Мархинки вдоль уступа коренного берега. Третья ступень поймы в г. Якутске уходила под воду часто (см. рис. 1Г), несмотря на высокие относительные отметки. В угрожаемой зоне – старая часть Якутска, аэропорт, мкр. Марха, район ГРЭС – прилегающая к р. Лене полоса шириной 2–4 км восточнее оз. Сайсары. Слив воды в Лену с третьей ступени поймы в г. Якутске происходил через долину р. Мархинки. Старое русло р. Мархинки теперь пересыпано площадкой аэропорта, его затопленный приустьевой участок сохранился как длинный затон (рис. 6В).

Севернее Якутска третья ступень поймы включает бассейн реки Камалас-Юрягэ (25×2–7 км)

между р. Мархинкой и Кангаласским мысом. Разлив воды в бассейне, расположенном в тыловой части днища долины р. Лены, начинался только после затопления 2–4-километровой приустьевой поймы, что наблюдалось не чаще одного раза в 10–30 лет. Вода переливалась из р. Мархинки – по понижению западнее п. Жатай (здесь находятся истоки оз. Зернового – длинной, 40 км, пойменной протоки); на пике половодий – через бровку ступени. Поток сосредоточивался по многочисленным понижениям, и большинство гряд оставалось вне зоны затопления. На спаде половодья сток воды концентрировался в нескольких длинных (4–40 км) пойменных протоках. Он продолжался от нескольких дней до полутора недель; остальное время протоки представляли цепь озер и протяженных обсохших отрезков с лугами, болотами и кустарниками.

Роль ледовых заторов. Заторы в долине Туймаада поднимают уровни воды до экстремальных

отметок – 11–13 м над меженным уровнем. Они возникают в узкостях долины у Табагинского и Кангаласского мысов, и на перевалах стрежня потока от одного берега широкого русла к другому. Подъем уровней на 10 м у Якутска при заторах отмечается при расходах воды 27–35 тыс. м³/с, без заторов – в полтора-два раза больших (45–50 тыс. м³/с). Заторы обуславливают скачкообразный подъем уровней – более 4 м в сутки, а их разрушение – высокую прорывную волну. Связанные с ледовыми заторами наводнения в Якутске сопровождались большими разрушениями (так как происходят при ледоходе), нередко – жертвами.

Заторы льда опасны, но на пойме Лены они обеспечивают периодическое затопление третьей ступени поймы и понижений 1-й надпойменной террасы, наполнение озер, обводнение старичных ложбин и болот. При отсутствии заторов уровни половодья в Якутске не превышают 8–9 м, что недостаточно для выхода воды на гривы третьей ступени поймы и высокие острова. Существование заторов ограничено 2–5 сутками, что соответствует продолжительности пика половодья. Заторы нерегулярны, условия для них (высокий уровень реки при замерзании, мощный, с торосами, лед, примерзший к грунту на мелководьях, резкое потепление и интенсивное снеготаяние, избыточные осадки) – складываются не каждый год; периодичность подобных явлений от 2–3 до 20 лет. Если к началу ледохода образуются большие закраины, облегчающие отрыв и подвижки ледовых полей, то быстрый подъем уровней дробит ледовые поля, ледоход сводится к массовому движению небольших льдин, выхода льда и воды на высокую ступень поймы не происходит.

Противонаводковые мероприятия. После половодья 2001 г. на левобережье в Якутске было завершено сооружение защитного периметра, который сейчас включает (рис. 2) более 75 км дамб, дорожных насыпей и высоких набережных. Внутри периметра находится г. Якутск, с. Табага и Хатассы, частично – п. Пригородный, с. Сырдах и Тулагино, фермы и дачные поселки. Из 670 км² площади долины Туймаада в пределы незатопляемого периметра попало 270 км², или 40% территории, относительно ее левобережной части – 70%.

Внешние городские дамбы (Покровское шоссе – набережные ул. Чернышевского, ул. Хабарова и Богдана Чижика – дамба ул. 50-летия Советской Армии – отсыпка Даркылахского шоссе) высотой 11–12 м полностью не исключают затопления селитебной территории; их отметки на 1–1,7 м меньше уровней воды 1% обеспеченности. Но они гарантируют защиту от обычных половодий, не сопровождаемых заторами. Вне защитного периметра находится район Даркылах и кварталы п. Пригородного в устье р. Шестаковки.

Здесь затопляется 2,3 тыс. кадастровых участков, предназначенных для индивидуального строительства. Последнее затопление п. Пригородного было в 2020 г.: вода разрушила дороги, строения, на улицах обсыпались временные дамбы.

Непереливные дамбы в Городской протоке и речном порту предназначены для защиты причалов, стоянки судов, Якутской ТЭЦ и Губинского округа. Вместе с высокими (14–15 м) площадками 202-го и 203-го жилых кварталов они служат ледорезами, снижающими воздействие ледохода на защитный периметр в центральной части Якутска. Дамбы транзитных магистралей – Намского тракта и Покровского шоссе с ответвлениями к селам Табага и Старая Табага, проложенные выше максимальных отметок затопления, – окаймляют дачную периферию Якутска и резервные территории. Дополняют защиту насыпи «вылетных» магистралей Якутска – Вилуйского и Маганского трактов, ул. 50-летия Октября, Хатынг-Юряхского шоссе, Сергеляхского шоссе, подъездных путей к п. Жатай, с. Сырдах и Тулагино. Они разбивают периметр на изолированные участки, гидравлическая связь между которыми слабая или вовсе отсутствует. Водопропуски в половодье перекрываются.

Существенно понижает уровни половодий борьба с заторами. До 1950-х гг., когда противозаторных мероприятий не было, уровни половодья в Якутске нередко поднимались на 11–13 м выше меженных (1907, 1913, 1917, 1920, 1930 и т. д.). Сейчас заторы оперативно ликвидируются, и половодья обычно не превышают 9–10 м. Таким образом, левобережная часть Якутского расширения сейчас находится вне зоны затопления, за исключением экстремальных событий. Основные инженерные объекты на внедамбовой территории также находятся на незатопляемых площадках.

Последствия строительства защитного периметра. Изменение половодного потока и режима затопления. Защитный периметр уменьшил ширину разлива (рис. 3) в районе Якутска на 1,3–1,8 км (на 15%), выше и ниже города – на 3–5 км, или на 20–30%. Существенно изменилось затопление третьей ступени. Покровское шоссе и его ответвления ограждают от затопления ее тыловую часть между Табагинским мысом и п. Пригородный. Дорожные насыпи перерезают все ложбины; водопропуски сделаны лишь на р. Шестаковке. Табагинское болото и окружающая его пойма почти изолированы от русла Лены; проникновение сюда воды и наполнение старичных озер происходит только в высокие половодья (2001, 2007, 2012 гг.) по понижению между останцами террасы у п. Табага и с. Хатассы. Разливам препятствуют насыпи местных дорог, разделяющие Табагинское болото на обособленные квадраты.

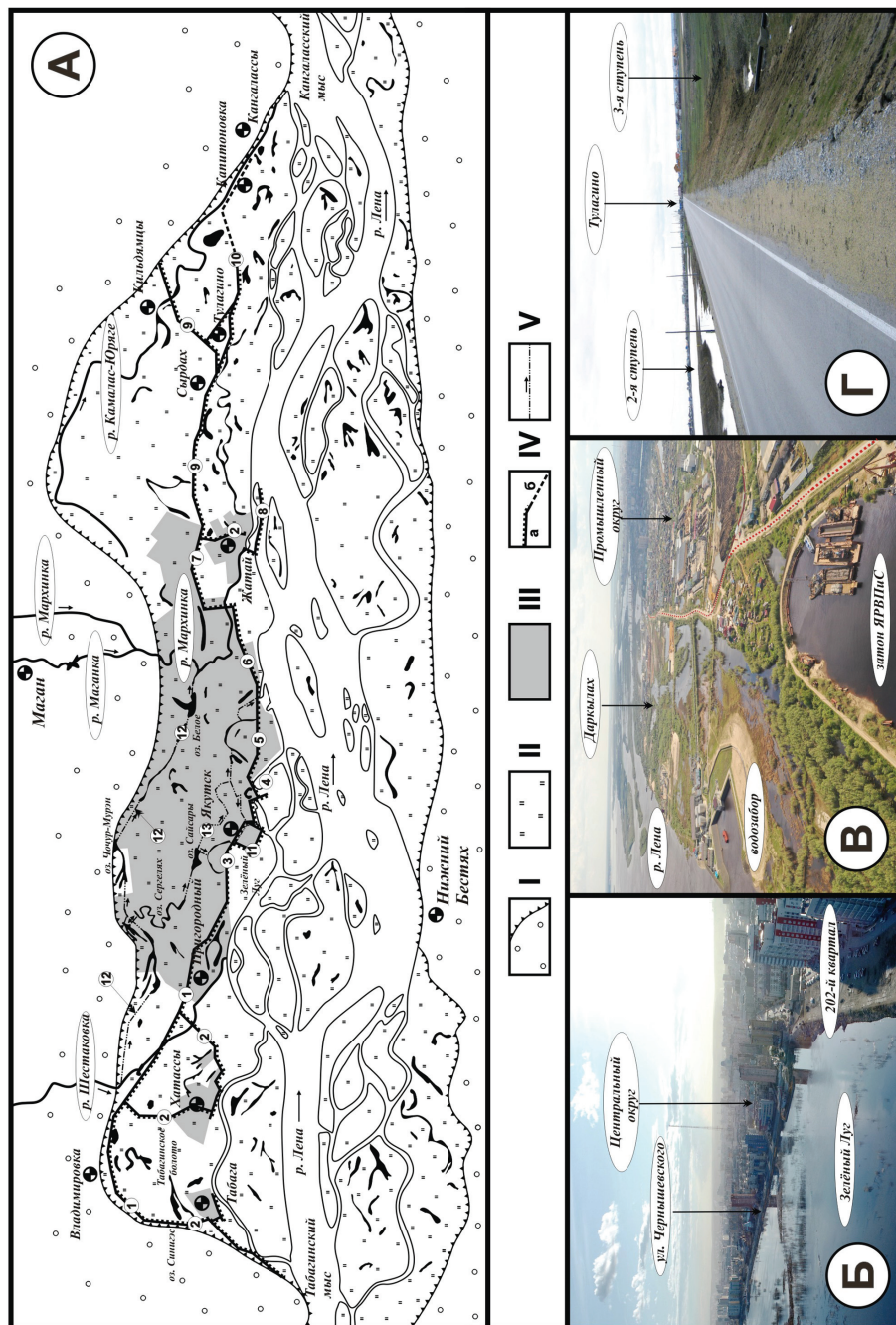


Рис. 2. Внешний защитный периметр Якутска: А – общая схема: 1 – коренной берег; II – дно долины (пойма, Якутская и Сергеляхская террасы); III – селитебная территория; IV – защитные дамбы и насыпи шоссе; 2 – Покровское шоссе; 2 – подъездные насыпи к поселкам; 3 – набережная ул. Чернышевского; 4 – дамбы в Городской протоке; 5 – дамбы ул. Богдана Чижика и Хабарова; 6 – дамба ул. 50-летия Советской Армии; 7 – Даркылахское шоссе; 8 – дамба Жатайского затона; 9 – Намский тракт; 10 – ответвление Намского тракта к п. Кангалассы (Богоронское шоссе); 11 – отсыпки 202-го и 203-го кварталов; V – городской канал, направление течения; 12 – большое кольцо; 13 – малое кольцо; Б – дамбы ул. Чернышевского и 202-го квартала в половодье 2022 г.; В – дамба ул. 50-летия Советской Армии (обозначена точками); Г – Намский тракт у с. Тулагино

Fig. 2. The outer protective perimeter of Yakutsk: A – general scheme: I – valley side; II – valley floor (floodplain; Yakut and Sergelyakh terraces); III – residential area; IV – protective dams and highway embankments (a – non-overflow; б – overflow): 1 – Pokrovskoe highway; 2 – access embankments to settlements; 3 – embankment of the Chernyshevsky Street; 4 – dams in the City Channel; 5 – dams of Bogdan Chizhik and Khabarovsk streets; 6 – dam of the street of 50th anniversary of the Soviet Army; 7 – Darkylakh highway; 8 – dam of the Zhataysky zaton; 9 – Namsky tract; 10 – branch of the Namsky tract to the village of Kangalassy (Bogoronskoye highway); 11 – dumps of the 202nd and 203rd quarters; V – city canal; direction of flow: 12 – great ring; 13 – small ring; Б – dams of Chernyshevsky Street and the 202nd quarter during the 2022 flood; В – the dam of the street of the 50th anniversary of the Soviet Army (marked with dots); Г – Namsky tract near the Tulagino village

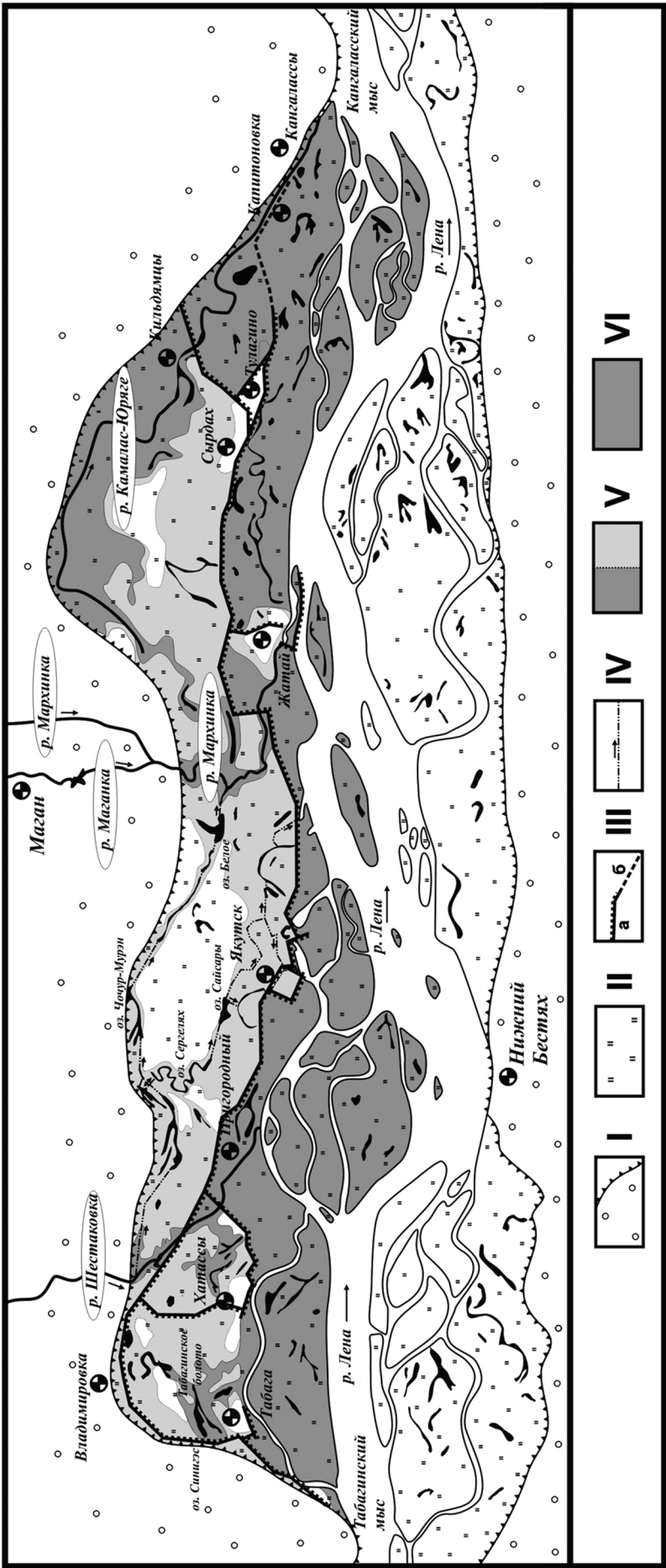


Рис. 3. Затопление левобережной поймы в естественном режиме и после сооружения защитного периметра (расчетный расход воды 53 700 м³/с): I – коренной берег; II – дно долины (пойма, Якутская и Сергеляхская террасы); III – дамбы (а – не переливаемые; б – переливаемые); IV – городской канал; V – затопляемые территории в естественном режиме; VI – зона затопления в настоящее время

Fig. 3. Flooding of the left-bank floodplain under natural regime and after the construction of a protective perimeter (estimated water flow 53 700 m³/s): I – valley side; II – valley bottom (floodplain, I and II terraces); III – dams (a – non-overflow; b – overflow); IV – city canal; V – flooded areas under the natural regime; VI – modern flooded zone

Шоссе к с. Хатассы блокирует водообмен между Табагинским болотом и р. Шестаковкой. Из-за подпора р. Шестаковки плотиной Андреевского озера уровни воды в ней на 1 м выше, чем в Табагинском болоте, и, не будь насыпи, вода поступала бы из р. Шестаковки в Табагинское болото, а не наоборот, как в естественных условиях.

Между р. Шестаковкой и Мархинкой дамбы ограждают всю левобережную пойму от русла р. Лены. Внешние дамбы периметра перекрывают выходы в русло Лены всех ложбин, кроме оз. Теплового. Тыловую ложбину с озерами пересекают насыпи вылетных магистралей, водопропуски в которых практически не работают. Единую ранее сеть старичных и межгивных ложбин на селитебной территории разрывают поперечные дамбы-перемычки на улицах. Таких перемычек десятки, и все они требуют «инвентаризации, ремонта, реконструкции и ухода» и общей системы регулирования водного режима поймы. Между г. Якутском и Кангаласским мысом насыпь Намского тракта исключает доступ воды на третью ступень поймы южнее с. Тулагино. Вне разливов оказывается часть бассейна р. Камалас-Юряге (12×7 км) между трактом и уступом коренного берега. Ответвление тракта к п. Кангалассы переливается даже в среднее по высоте половодье, и третья ступень поймы к северу от с. Тулагино регулярно уходит под воду, в том числе и с. Капитоновка.

На приустьевой пойме (первая и вторая ступени) изменения половодного потока локальны. В Якутске дамба в Городской протоке и отсыпки новых микрорайонов ограничили сток с массива Зеленый Луг, примыкающего к городской набережной. Его затопление увеличилось на 5–10 дней; центральная часть может быть покрыта водой до двух месяцев. Ложбина у набережной, по которой вода стекала в Лену, стала замусоренным болотом. В п. Даркылах насыпи к промышленным объектам разделяют пойму на изолированные карманы, вода из которых не уходит круглый год, образуя болота и озера-разливы. Из-за этих насыпей грива с жилыми строениями Пристанского квартала покрывается водой на 5–15 суток ежегодно.

Защитный периметр Якутска также препятствует и стоку воды с левобережной поймы. Общая площадь изолированных бассейнов составляет 1,2 тыс. км², с учетом площади бассейнов рек Шестаковки, Мархинки и Камалас-Юряге, выходящих за пределы поймы. Объем стока с этой территории, при 1%-ном половодье на протекающих по ней водотоках, составляет 21,4 млн м³, при 10%-м – 15,5 млн м³. Выходов здесь всего четыре – устья р. Шестаковки, Мархинки, руч. Хорогор и устье протоки Камалас-Юряге у с. Капитоновки. Послед-

нее, через которое проходит 55% стока воды с изолированной территории – узкая щель: ширина протоки под мостом автодороги на п. Кангалассы всего 40 м. Изменение водного режима бывшей поймы сопровождается направленной трансформацией ее урочищ и характера освоения.

Формирование техногенной террасы. При блокировании регулярного (или периодического) затопления поймы речной поток больше не определяет ее водный режим, основными факторами которого становятся осадки, снеготаяние и сток воды с бортов долины. Сток воды на бывшей пойме сосредоточивается в старичных ложбинах, а незатопляемые теперь гривы и гряды становятся водоразделами. Связанная потоком половодья поверхность распадается на изолированные водосборы, которых из-за обилия ложбин может быть много.

На левобережной пойме Лены в результате сооружения вокруг г. Якутска защитного периметра возникло 56 локальных водосборов (бассейнов). При естественном гидрологическом режиме они были связаны общим потоком при уровнях половодья обеспеченностью 5% и менее, а сейчас разделены дамбами, насыпями и высокими гривами. Переток воды между бассейнами возможен лишь через немногие межгивные понижения, на третьей ступени поймы – водопропуски в дамбах. Возникшие бассейны (рис. 4) разделяются на четыре типа.

Первый тип – бассейны 1-й и 2-й ступени поймы, по-прежнему регулярно затопляемые. Малые острова здесь являются отдельными бассейнами. Характер затопления поймы здесь не изменился, и трансформация потока половодья имеет локальный характер.

Второй тип – бассейны третьей ступени поймы, сохранившие связь с руслом реки. Продолжительность и вероятность их затопления не изменилась, но сейчас вода из реки поступает не широким фронтом, а заходит через устье одной ложбины или пойменной протоки. По окончании половодья она стекает в реку через ту же ложбину. Эти бассейны имеют хороший дренаж и слабую заболоченность.

Третий тип – изолированные бассейны, огражденные дамбами и высокими гривами. Их затопление речными водами исключено, но и сток в реку снеговых вод и выпадающих осадков с этих массивов ограничен немногими водопропусками в дамбах. Водный режим бассейнов полностью изменен, что способствует быстрой трансформации пойменного ландшафта, а на освоенных территориях приводит к необходимости принятия мер для нейтрализации заболачивания, подтопления и других опасных явлений.

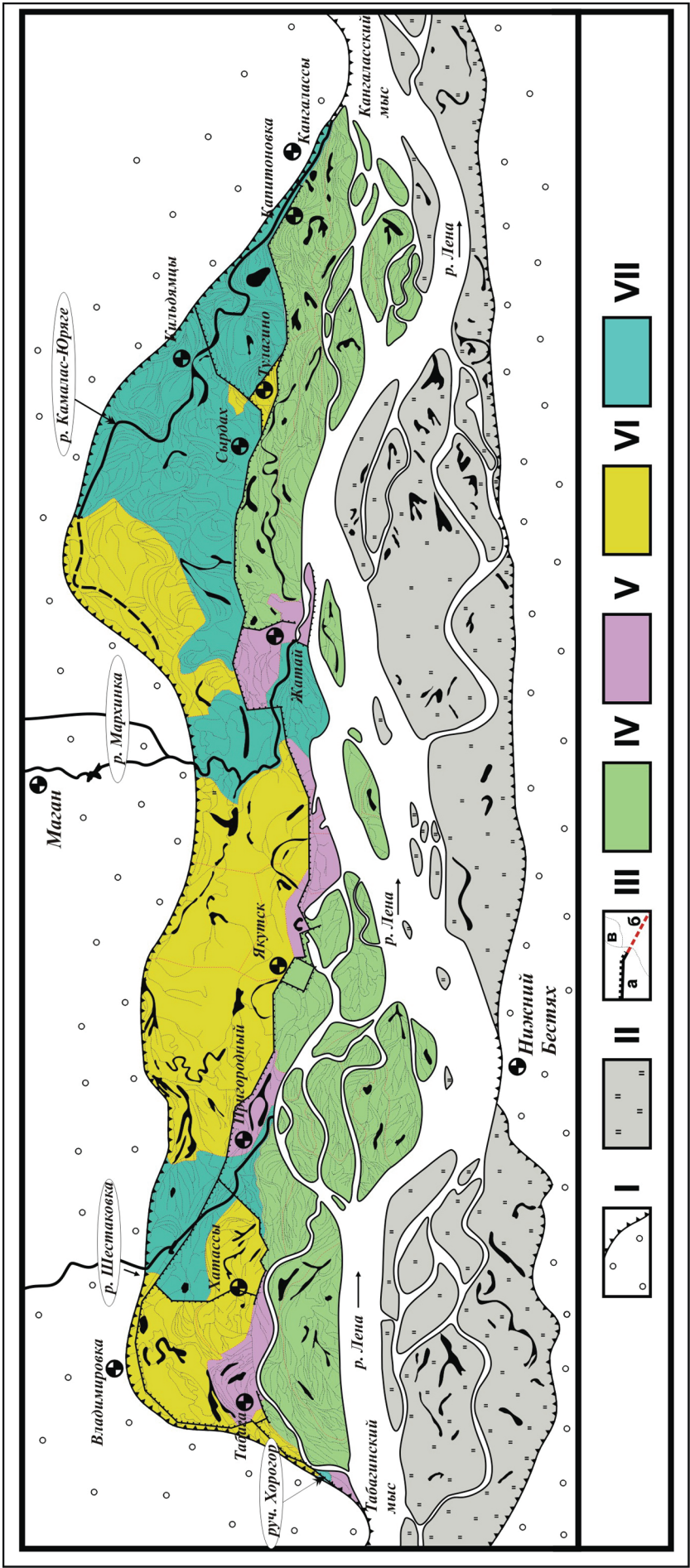


Рис. 4. Бассейны водного стока в левой части дна долины (показаны только в ее пределах):
I – коренной берег; II – не исследованные участки островной и левобережной части дна долины; III – объекты и границы; а – водозащитные сооружения; б – границы бассейнов;
в – основные старичные и пойменные ложбины; IV – бассейны 1-го типа; V – бассейны 2-го типа; VI – бассейны 3-го типа; VII – бассейны 4-го типа (см. текст статьи)

Fig. 4. Basins of water runoff in the left part of the valley floor (shown only within its limits):
I – valley side; II – unsurveyed areas of the island and left-bank part of the valley floor; III – objects and boundaries; а – water protection structures; б – basin boundaries; в – major ancient and floodplain hollows; IV – basins of the 1st type; V – basins of the 2nd type; VI – basins of the 3rd type; VII – basins of the 4th type (see the text)

Четвертый тип – приустьевые части бассейнов протекающих по пойме рек – Мархинки, Шестаковки, Камалас-Юряге. В прошлом они затапливались водами р. Лены; сейчас такая возможность ограничена дамбами. Сами водотоки маловодны и не обеспечивают затопление этих участков, ширина которых на пойме Лены достигает 2–3 км (р. Камалас-Юряге – 7 км). Река Мархинка имеет сток 2–3 месяца (годовой объем стока обеспеченностью 1% – 6 млн м³, 10% – 3,3 млн м³). Шестаковка более многоводна (9,5 и 5,1 млн м³ соответственно), но в засушливые годы пересыхает. Сток по р. Камалас-Юряге происходит только при снеготаянии и сильных осадках.

Современное состояние бассейнов. В бассейнах 1-го типа характер половодья не изменился, условия развития природных комплексов поймы остались прежними. Регулярное затопление бассейнов 1-го типа ограничивает их застройку. Луга используются, как сенокосы, реже – как пастбища. Препятствует освоению относительная недоступность островов и раздробленность угодий: густая сеть ложбин заполнена водой почти весь теплый период года, переездов через ложбины с озерами и болотами мало.

В бассейнах 2-го типа вероятность затопления снизилась в 2–3 раза. Сокращение затопления расширило возможности застройки территории. В п. Пригородном, Хатассах, Тулагино застраиваются низкие гривы останцов Якутской террасы, ранее регулярно затопляемые при ледовых заторах. Уменьшение затопления усилило обсыхание бассейнов, подтолкнуло деградацию болотных и гидроморфных урочищ, осуходоливание лугов. Сырые и заболоченные луга отесняются в днища ложбин, где замещаются тростниками, обычными на переувлажненных пустошах. Севернее Якутска, с превращением Намского тракта в непереливаемую дамбу, сухие остепненные луга распространяются на склоны грив до отметок 6–6,5 м, что на 2–3 м ниже их обычного положения. Усилилась пастбищная дигрессия; пастбища занимают низкотравные обедненные луга – злаково-хвощевые, погремковые, полевицево-подорожниковые с полынями, значительным участием сорных и неподаваемых видов. Вблизи населенных пунктов и у заброшенных ферм возникают замусоренные изрытые пустыри с бурьянистыми зарослями и руинами. На пастбищах и пустырях снижается видовое разнообразие лугов, теряется эстетическая и хозяйственная ценность урочищ.

Бассейны 3-го типа после строительства дамб вышли из зоны затопления. Их площадь на левобережье 152,5 км². Это центральная часть Якутска, пойма к востоку от с. Табага и Хатассы, включая Табагинское болото, массивы у п. Жатай, Тулагино, в верховьях р. Камалас-Юряге. В зависимости от воз-

можности доступа и стока воды в изолированных от русла Лены бассейнах развиваются противоположные процессы – обсыхание (рис. 5) или затопление и заболачивание (рис. 6).

Обсыхают высокие песчаные гривы, где летом кровля мерзлоты опускается ниже меженного уреза, огражденные дамбами массивы 3-й ступени. Обсыхание сопровождается сменой сырых и болотистых лугов низкорослыми остепненными и деградацией древесно-кустарниковой растительности, которая исчезает и на гривах, и в ложбинах. Пастбищная дигрессия в обсыхающих бассейнах намного мощнее: травостой выбивается полностью, скот разрушает борта и днища межгривных понижений, разбивает и перемешивает грунт вокруг озер, превращая поверхность в глинистый такыр; возникают очаги развевания песков. Вдоль дорог и троп возникают солончаки с галофитной растительностью.

Заболачивание (см. рис. 6) характерно для понижений, расположенных у коренного склона долины. В них впадают ручьи с уступа междуречной равнины, здесь собираются снеговые и дождевые воды. Стоку воды из понижений препятствуют дамбы, фильтрации воды в грунт – близкая к поверхности мерзлота. В днищах возникают озера, на гривах – сплошные тростниковые заросли и осоковники на месте мезофитных и остепненных лугов. Уровни озер в заболоченных бассейнах не зависят от колебаний уровня Лены, и часто на 3–5 м выше, чем в бассейнах, имеющих связь с руслом реки.

Бассейны 3-го типа – селитебные урочища, для защиты которых строились противопаводковые дамбы. Заболачивание здесь преобладает из-за разорванности сети старичных понижений, перекрытых поперечными дамбами. Подтопления кварталов вдоль ложбин обычны, во дворах и по берегам широко распространены тростниковые болота.

Заболачивание ухудшает экологическое состояние ложбин (большинство городских ложбин – замусоренные болота и озера), ослабляет дренаж поймы, при ливнях превращает улицы и дворы в мутные потоки и разливы, способствует разрушению мерзлоты и провоцирует аварии зданий и коммуникаций.

Площадь затопления бассейнов 4-го типа сократилась на 75%. В короткое половодье на малых притоках Лены вода не выходит из пойменных бровок. Русла малых рек спрямлены и пересыпаны многочисленными дамбами с прудами. При выходе р. Шестаковки на пойму Лены находится шлюз-вододелитель, направляющий часть воды (0,5–1,5 млн м³ в год, 15–50% в зависимости от водности года) в городской канал, который обводняет озера в Якутске. Реки используются для водоснабжения дачных поселков, с чем часто возникают проблемы из-за маловодья.

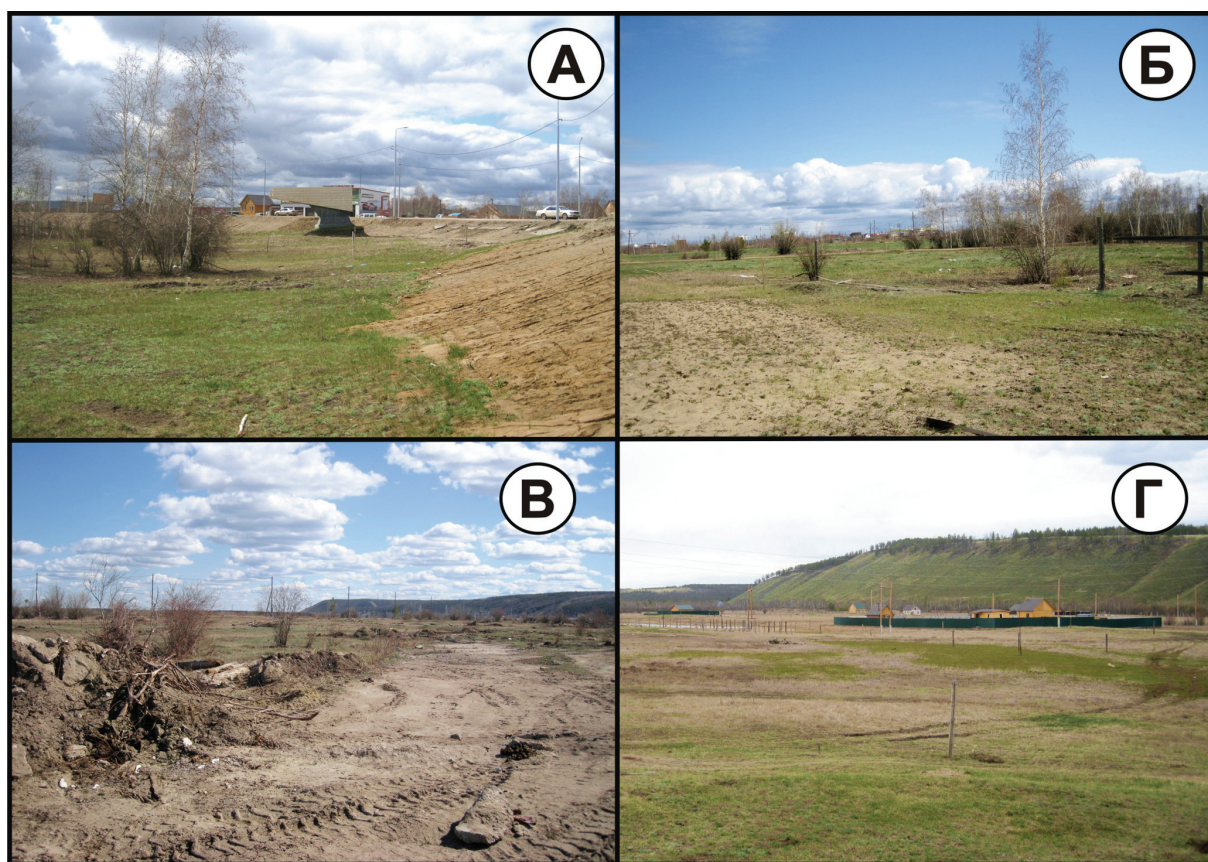


Рис. 5. Обсыхание массивов левобережной поймы:

А, Б – перекрытая насыпью Намского тракта ложбина с кустарниками и разреженными злаково-полынными лугами, район п. Жатай; В – изрытая сухая пустошь у п. Табага; Г – строительство дачного поселка на незатопляемом массиве у с. Хатассы

Fig. 5. Drying of the left-bank floodplain areas:

А, Б – a hollow with shrubs and sparse grass-wormwood meadows blocked by the embankment of the Namsky tract, near the village of Zhatai; В – a pitted dry wasteland near the village of Tabaga; Г – construction of a dacha village on a non-flooded area near the village of Khatassa

Сейчас из р. Лены затопляются только прирусловые части (шириной 0,7–2 км) бассейнов рек Шестаковки и Мархинки. Обводнение бассейна р. Камалас-Юряге, отрезанном от реки насыпью Намского тракта, происходит за счет осадков, снеготаяния, и стока воды по распадкам с уступа коренного берега. В нижнюю часть бассейна вода попадает при подъеме воды на 9 м за счет перелива через ответвление Намского тракта к п. Кангаласы. Поток затопливает с. Капитоновку, расположенные здесь промышленные объекты, проходит над плотинами прудов, размывая улицы и дороги.

Уменьшение вероятности затопления, как и в бассейнах 2-го типа, способствовало распространению сухих и остепненных лугов на низкие уровни – на склоны грив и в днища неглубоких ложбин, образованию полынных пустырей. Усилилась пастбищная дигрессия: скот выпасают в ранее малодоступных лесных ложбинах и понижениях. Выпас уничтожает кустарник, выбивает травяной покров с цветущим разнотравьем – ирисами, геранями, лилей желтой; леса принимают парковый характер.

Но на территориях, не используемых в качестве пастбищ (вокруг новых дачных поселков), лесные сообщества восстанавливаются, наиболее быстро – сосновые и лиственничные мелколесья на гривах. Восстановление ивово-березовых лесов в понижениях идет медленнее.

Противодействие негативным последствиям обвалования поймы. Властями и организациями Якутска проводятся большие работы по амортизации и устранению негативных процессов (обсыхания и заболачивания бассейнов, неконтролируемой застройки, загрязнения и замусоривания водоемов и территорий), во многом вызванных обвалованием поймы. Выполнена инвентаризация городских озер, реконструируются водосбросы из них, озера очищаются от ила и мусора. В новых кварталах прокладываются дренажные каналы, ремонтируются водопропуски в дамбах. Но этого недостаточно, дренажная система нуждается в реконструкции и улучшении; признается и плохое экологическое состояние пойменных озер.

Водный режим поймы регулируется городским каналом, с которым связана система отвода грунтовых и талых вод с территории Якутска, и от которого зависит экологическая обстановка в пределах городской застройки. Канал был построен в 1938 г. для обводнения пастбищ и огородов на пойме, впоследствии неоднократно реконструировался в приоритетном порядке (1970–1980, 2017–2019 гг.). Сейчас он включает две ветви, «большое» (26 км) и «малое» (18 км) кольца (рис. 2), при соотношении расходов воды 75% к 25%. Большое кольцо проходит вдоль коренного берега через многочисленные озера от шлюза-вододелителя на

р. Шестаковке к р. Мархинке. В межень перепад отметок между его истоком и устьем составляет 8,7 м; уклоны по руслу (не считая озер) – 0,2–0,4‰. Малое кольцо проходит по городским кварталам, соединяя озера Ытык-Кюэль, Сергелях, Сайсары, Талое и Хомустан, его устье – в затоне ЯРВПиС (Якутского района водных путей и сооружений). Перепад отметок между оз. Сайсары и устьем малого кольца 5,7 м; средний уклон – 0,5–0,7‰. Существует ответвление кольца к водовыпуску в Городскую протоку у 203-го квартала, и холостой водосброс (Университетская речка) из оз. Сайсары в Теплое озеро.

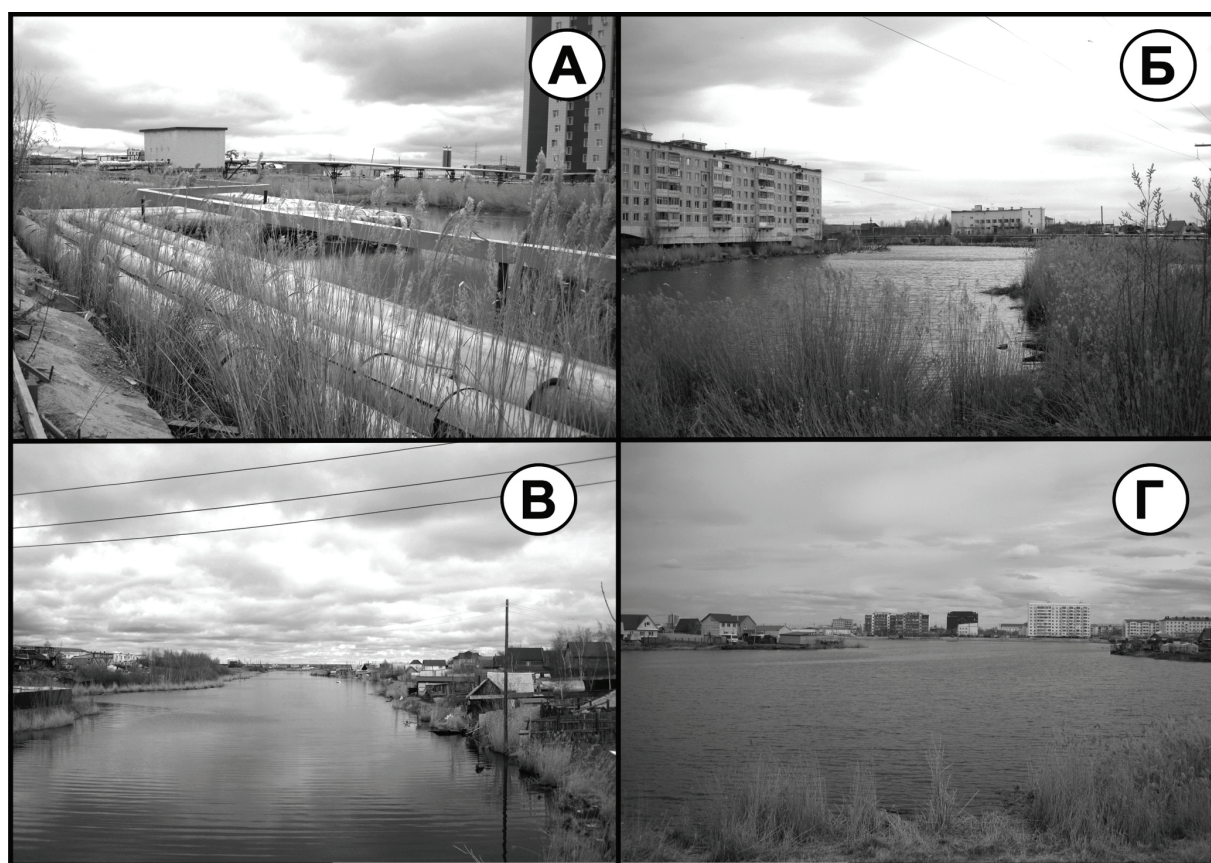


Рис. 6. Заболочивание и подтопление: А – тростниковое болото на коммуникациях (Якутск, автострада 50-летия Октября); Б – подтопление кварталов в мкр. Птицефабрика; В – затопленная из-за дамбы ул. 50-летия Советской Армии ложбина (старое устье р. Мархинки) в мкр. Марха; Г – оз. Сергелях с подтопленными берегами

Fig. 6. Waterlogging and flooding: А – reed swamp on communications (Yakutsk, highway of the 50th anniversary of October); Б – flooding of residential areas in the Ptitsefabrika quarter (Yakutsk city); В – a hollow (old mouth of the Markhinka River) in the Markha district (Yakutsk city) flooded because of the dam of the street of 50th anniversary of the Soviet Army; Г – the Sergelyakh Lake with flooded shores

Несмотря на реконструкции, современное состояние канала (рис. 7) далеко от совершенства. На большом протяжении это мелкий (0,2–1,5 м) ручей шириной 1–3 м, протекающий в нестабильных грунтовых берегах, заросших ивняком и бурьяном, лишь частично укрепленных бетонными стенками и каменной кладкой (см. рис. 7В; 7Г). Какой-либо санитарной зоны вдоль него не предусмотрено,

и, несмотря на все усилия эксплуатирующих организаций, канал подвержен заилению и зарастанию. Население сбрасывает на берега бытовые и строительные отходы, застраивает их и разбивает огороды. Обеспечить нормальную проточность канала мешают плохо работающие водопропуски, которые легко забивает бытовой и растительный мусор, пересыпи в старицах и озерах.

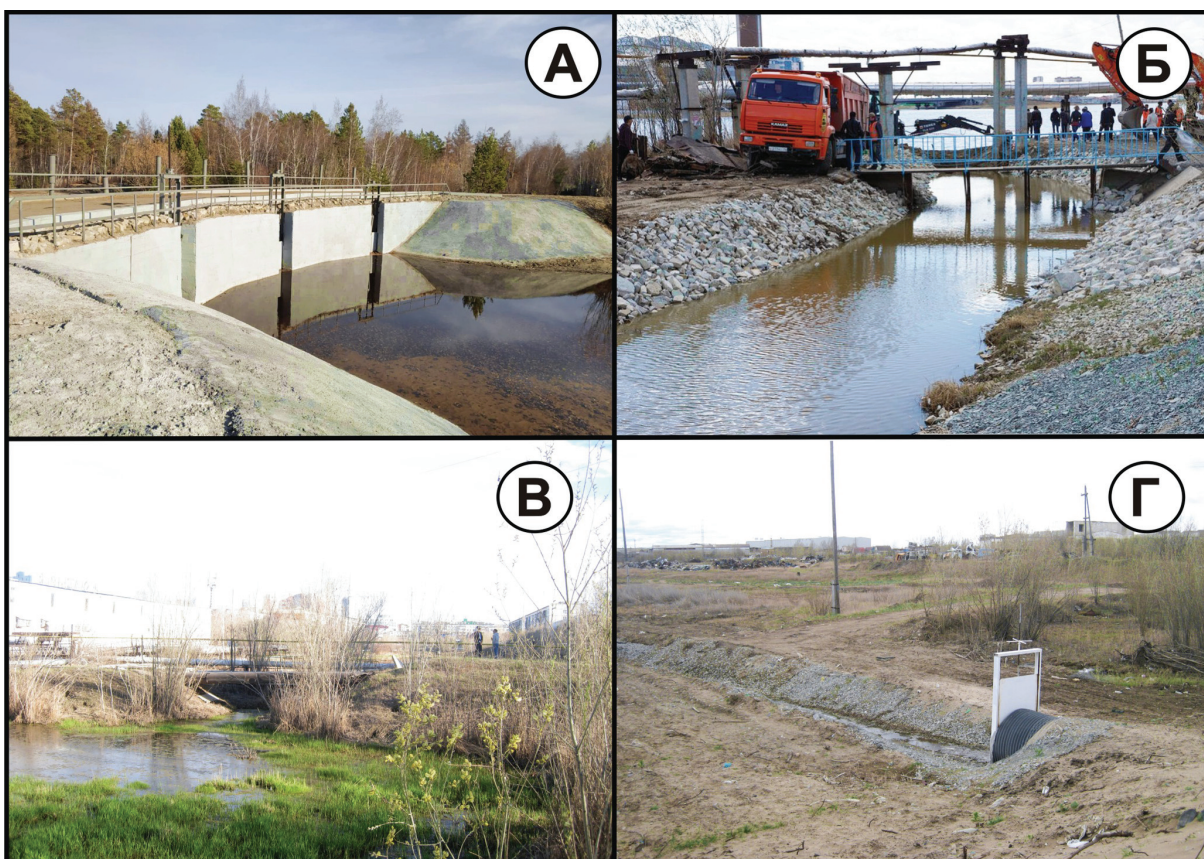


Рис. 7. Городской канал: А – шлюз-вододелитель на р. Шестаковке; Б – реконструкция канала у оз. Сайсары в 2017 г., Университетская речка (фото из архива АН РС (Я); опубликованы в открытых источниках на сайтах: yar.kp.ru и archive.ysia.ru); В – малое кольцо канала (ответвление) на ул. Федора Попова; Г – приустьевой участок большого кольца на пустырях у затона ЯРВПиС (фото авторов)

Fig. 7. The city canal: A – the lock-divider on the Shestakovka River; Б – reconstruction of the canal near the Saisary Lake in 2017, the University River (photo from the archives of the Academy of Sciences of the Yakutia Republic; published in open sources on websites: yar.kp.ru and archive.ysia.ru); В – the small ring of the canal (branch) on the F. Popova St.; Г – the estuary section of the great ring within the wastelands near the Yakutsk river port (photo by the authors)

Нормальной работе канала препятствует его маловодность. Расчетные максимальные расходы воды в р. Шестаковке (1% обеспеченности) составляют 26 м³/с, объем годового стока реки 50%-й обеспеченности – 2,9 млн м³. А объем только основных озер по трассе канала (Атласовских, Ытык-Кюэль, Белого, Сайсары, Хомустаха) больше 5 млн м³. Основательная промывка только первых по трассе канала озер возможна лишь раз в 7–10 лет. Большую часть теплого периода года расход воды в канале не превышает 80–100 л/с, течение заметно лишь на коротких участках ниже водопропусков. Для промывок используются залповые разовые сбросы (150 тыс. м³, из оз. Сайсары даже до 200 тыс. м³ за сутки), но они разрушают берега узкого канала, создают мусорные пробки, вызывают подтопления выше водовыпусков.

При всех недостатках, городской канал сейчас – единственная возможность водообмена между городскими бассейнами и регулирования уровня

основных озер. В частности, с его помощью происходит промывка и поддерживается постоянный меженный уровень воды в оз. Сайсары – основном водоеме в центре Якутска. Водовыпуски канала за пределы защитного периметра – единственные на селитебной территории. Но один канал не способен существенно улучшить дренаж поймы и не предотвратит обсыхание и заболачивание ее массивов; его воздействие распространяется только на озера и узкую прибрежную полосу. Необходимо объединение сети старичных понижений, строительство и расчистка других водопропусков, сооружение шлюзов-регуляторов в истоках и устьях ложбин.

ВЫВОДЫ

Водозащитные дамбы, ограничивающие затопление поймы, изменяют ее водный режим и генерируют негативные процессы: обсыхание (деградация пойменных озер, снижение качества пастбищ и сенокосов, смену болот, сырых осоковых и разнотравных лугов среднего увлажнения обедненными

и сухими низкотравными), с одной стороны, заболачивание и подтопление (в том числе поселков и городских кварталов) – с другой. Водный режим техногенных террас, развитие которых определяется непосредственным хозяйственным использованием, требует обязательного регулирования; особенно на бывших поймах больших рек, со сложной системой факторов формирования (наличием мерзлоты, малых рек, изрезанным рельефом, многоотраслевым типом хозяйства).

В Якутске объединенная сеть пойменных ложбин может дополнить (или даже заменить) дренажные и канализационные коллекторы, прокладывать которые часто нельзя из-за мерзлоты. Водопропуски в дамбах следует размещать прежде всего в тех протоках и ложбинах, в которые предполагается направлять сток воды с огражденной территории. Следует предусмотреть водопропуски для обводнения поймы и шлюзы в перекрываемых межкостровных и боковых рукавах.

Благодарность. Обобщение и анализ материалов натурных исследований выполнено по госзаданию (№ 121051100166-4) научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беликов В.В., Зайцев А.А., Милитеев А.Н. Математическое моделирование сложных участков русел крупных рек // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 6. С. 698–705.
- Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое русловедение. М.: ГЕОС, 2000. 331 с.
- Беркович К.М., Завадский А.С., Рулева С.Н. и др. Карьерные разработки строительных материалов в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС и их влияние на русло Оби // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 15. М.: Географический ф-т МГУ, 2005. С. 187–207.
- Завадский А.С., Сурков В.В., Чернов А.В. Пойма р. Москвы, в нижнем течении, ее экологическое состояние, развитие в условиях интенсивного техногенного использования и оценка технической нарушенности ее природных территориальных комплексов // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 21. М.: Географический ф-т МГУ, 2019. С. 113–149.
- Сурков В.В. Техногенные террасы, их формирование, развитие и ландшафтная структура // Изучение и сохранение естественных ландшафтов. Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ВГСПУ и естественно-географического факультета ВГСПУ. Волгоград, 12–15 сентября 2011 г. М.: Планета, 2011. С. 332–336.
- Чалов Р.С., Завадский А.С., Головлев П.П. и др. Русловые процессы, их моделирование и управление на урбанизированном участке крупнейшей реки (Покровско-Якутский водный узел на р. Лене) // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 21. М.: Изд-во МГУ, 2019. С. 208–256.
- Krylenko I.N., Pavlyukevich E.D., Zavadskii A.S. et al. Modelling of potential impact of climate change on water regime and channel processes in the river Lena near city Yakutsk: possibilities and limitations, *Geography, Environment, Sustainability*, 2024, no. 17(4), p. 112–120.
- Golovlyov P., Kornilova E., Krylenko I. et al. Numerical modeling and forecast of channel changes on the river Lena near city Yakutsk, *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 2019, no. 381, p. 65–71.

Поступила в редакцию 25.04.2025

После доработки 12.05.2025

Принята к публикации 20.05.2025

CHANGES IN THE FLOODING REGIME OF THE LENA RIVER LEFT BANK FLOODPLAIN NEAR YAKUTSK

A.S. Zavadsky¹, V.V. Surkov², M.A. Samokhin³

^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Makkaveev Research Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology

¹ Leading Scientific Researcher; Ph.D. in Geography; e-mail: az-mgu@mail.ru

² Senior Scientific Researcher; Ph.D. in Geography; e-mail: vita.surkov@yandex.ru

³ Scientific Researcher; Ph.D. in Geography; e-mail: gidromiha@mail.ru

The flood protection of Yakutsk includes 75 km of dams, covering about 40% of the left-bank part of the valley bottom (270 km²). The dams reduced the width of flooding in the Yakutsk area by 1,3–5 km (by 15–30%). The construction of the protective perimeter is accompanied by the development of the floodplain and the transformation of its urochisches.

Four types of basins have emerged on the floodplain. The first type is a regularly flooded riverbed zone. The flood flow transformation is local there; meadow and forest complexes of the floodplain are preserved. The second type includes the central floodplain areas, which have preserved the hydraulic connection with the riverbed. The probability of their flooding has decreased by 2–3 times. They dry out, their swamps and hydromorphic complexes degrade, meadows are being drained; pasture digression has increased, and the floodplain is actively being built up. The third type is isolated, dammed pools. Depending on the water balance, they undergo drying or water logging. In the residential area water logging prevails, which is facilitated by the disruption of the network of floodplain hollows blocked by dams. Lack of the flowing worsens the drainage of the floodplain: flooding of quarters is common; water accumulates under buildings, destroying piles and foundations, which lead to accidents. The fourth type includes the basins of small rivers flowing through the floodplain. Currently, their flooding is limitedly possible; drying contributes to the spread of dry and steppe meadows on the slopes of low ridges and into the bottoms of hollows. The pastoral use of the floodplain has led to the replacement of forest urochisches by meadow-shrub communities; however, the restoration of forests and woodlands takes place around new rural settlements. Non-flooded areas are being built up. During further development of the floodplain, not only water protection measures should be provided, but also environmental protection measures and measures to improve floodplain areas leaving the flooding zone.

Keywords: the Tuymaada Valley, flood, water-stop dams, transformation of floodplain landscape

Acknowledgements. Integration and analysis of field materials were conducted under the State Assignment of the Makkaveev Research Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes, Lomonosov MSU (No 121051100166-4).

REFERENCES

- Belikov V.V., Zaitsev A.A., Militeev A.N. Matematicheskoye modelirovaniye slozhnykh uchastkov rusel krupnykh rek [Mathematical modeling of complex sections of large river channels], *Vodnyye resursy*, 2002, vol. 29, no. 6, p. 698–705. (In Russian)
- Berkovich K.M., Chalov R.S., Chernov A.V. *Ekologicheskoye ruslovedeniye* [Ecological studies of channel processes], Moscow, GEOS Publ., 2000, 331 p. (In Russian)
- Berkovich K.M., Zavadsky A.S., Ruleva S.N. et al. [Quarry extraction of building materials in the downstream pool of the Novosibirsk hydroelectric power station and their influence on the Ob River channel], *Eroziya pochv i ruslovye processy* [Soil erosion and channel processes], Moscow, Geographical Faculty of Moscow State University Publ., 2005, vol. 15, p. 187–207. (In Russian)
- Zavadsky A.S., Surkov V.V., Chernov A.V. [Floodplain of the Moskva River, in the lower reaches, its ecological state, development under the intensive technogenic use and assessment of technical disturbance of its natural territorial complexes], *Eroziya pochv i ruslovye processy* [Soil erosion and channel processes], Moscow, Geographical Faculty of Moscow State University Publ., 2019, iss. 21, p. 113–149. (In Russian)
- Surkov V.V. [Technogenic terraces, their formation, evolution and landscape structure], *Izucheniye i sohraneniye estvennykh landshaftov* [Study and preservation of natural landscapes. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the VGSPU and the Faculty of Natural Geography of the VGSPU], Volgograd, September 12–15, 2011, Moscow, Planeta Publ., 2011, p. 332–336. (In Russian)
- Chalov R.S., Zavadsky A.S., Golovlev P.P. et al. [Channel processes, their modeling and management in an urbanized section of the largest river (Pokrovsko-Yakutsky water node on the Lena River)], *Eroziya pochv i ruslovye processy* [Soil erosion and channel processes], Moscow, Publ. House of Moscow State University, 2019, iss. 21, p. 208–256. (In Russian)
- Krylenko I.N., Pavlyukevich E.D., Zavadskii A.S. et al. Modelling of potential impact of climate change on water regime and channel processes in the river Lena near city Yakutsk: possibilities and limitations, *Geography, Environment, Sustainability*, 2024, no. 17(4), p. 112–120.
- Golovlyov P., Kornilova E., Krylenko I. et al. Numerical modeling and forecast of channel changes on the river Lena near city Yakutsk, *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 2019, no. 381, p. 65–71.

Received 25.04.2025

Revised 12.05.2025

Accepted 20.05.2025