

УДК 911.2

<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2024-29-2-235-247>

Оригинальная статья

Техногенная трансформация поймы р. Лена в районе г. Якутск и оценка нарушенности ее ландшафтов

В. В. Сурков[✉], А. С. Завадский, Е. А. Тузова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

[✉]vita.surkov@yandex.ru

Аннотация

Долина Туймаада в районе г. Якутск – наиболее освоенная часть поймы р. Лена. Ландшафтные исследования, проведенные здесь в 2016–2022 гг., показали значительную степень ее техногенной трансформации: сильную и среднюю степень нарушенности имеет 30,4 % урочищ. Основным вектором развития ее ландшафтов была смена лесных урочищ луговыми в результате многовекового пастбищного использования поймы. Современная тенденция эволюции – смена сельскохозяйственных урочищ селитебными, что усиливает механические нарушения ландшафтной структуры. Водозащитные дамбы вывели значительные площади левобережной поймы из зоны затопления; в результате часть ее урочищ заболачивается или подтапливается, часть превращается в сухие пустыри с малоценными остепненными лугами. В настоящее время на стадии обоснования инвестиций прорабатывается вопрос комплексной защиты всей левобережной части долины Туймаада от негативного воздействия половодий и паводков. В условиях дальнейшего ее освоения следует предусматривать не только защитные, но и природоохранные мероприятия, и меры по благоустройству существующих и новых городских, дачно-коттеджных и хозяйственно-технических зон на формирующейся техногенной террасе.

Ключевые слова: поймы рек, ландшафты, техногенная трансформация ландшафта, экология поймы, река Лена, долина Туймаада

Финансирование. Анализ и обобщение данных выполнены по государственному заданию (№ 121051100166-4) Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева МГУ им. М.В. Ломоносова.

Благодарности. Авторы выражают признательность Академии наук Республики Саха (Якутия) за научно-информационное и техническое содействие при проведении экспедиционных исследований.

Для цитирования: Сурков В.В., Завадский А.С., Тузова Е.А. Техногенная трансформация поймы р. Лена в районе г. Якутск и оценка нарушенности ее ландшафтов. *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2024;29(2):235–247. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2024-29-2-235-247>

Original article

Technogenic transformation of the Lena River floodplain near Yakutsk and assessment of landscape disturbance

Vitaly V. Surkov[✉], Alexandr S. Zavadsky, Elizaveta A. Tuzova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

[✉]vita.surkov@yandex.ru

Abstract

The Tuymaada Valley located in the Yakutsk region represents the most developed region within the Lena River floodplain. Landscape studies conducted here between 2016 and 2022 revealed a significant level of technogenic transformation: 30.4 % of its sites showed a high and moderate degree of disturbance. The primary driver of landscape development was the transformation of forested areas into meadows due to centuries of grazing in the floodplain. The current trend in evolution involves replacing agricultural stows with residential ones, leading to an increase in mechanical disturbances to the landscape structure. Water protection dams have removed significant areas of the left-

bank floodplain from the flood zone. Consequently, some of its stows become swamped, while others transform into dry wastelands with low-value steppe meadows. Currently, at the investment justification stage, the issue of providing comprehensive protection for the entire left bank of the Tuymaada valley from the adverse effects of floods and inundations is under consideration. For its continued growth, it is essential to implement not just protective measures but also environmental and improvement measures for both existing and new urban, rural, and economic-technical zones on the developing technogenic terrace.

Keywords: river floodplains, landscapes, technogenic transformation of the landscape, floodplain ecology, Lena River, Tuymaada Valley

Funding. Analysis and synthesis of data were conducted within the state assignment (No. 121051100166-4) for the Makkaveev Research Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes at Lomonosov Moscow State University.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia) for their support in scientific, informational, and technical aspects during the expeditionary research.

For citation: Surkov V.V., Zavadsky A.S., Tuzova E.A. Technogenic transformation of the Lena River floodplain near Yakutsk and assessment of landscape disturbance. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2024;29(2):235–247. (In Russ.); <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2024-29-2-235-247>

Введение

Техногенные террасы создаются на месте пойм, затопление которых, даже нерегулярное, исключено [1, 2]. Они образуются при регулировании стока реки гидроузлами, изъятии его части на орошение и водопотребление, обваловании поймы, сооружении насыпных площадок и антропогенно обусловленном врезании русла. Техногенные террасы характерны для селитебных и сельскохозяйственных территорий с противопаводковой защитой (Хуанхэ, Кубань, Темза), они широко распространены в нижних бьефах ГЭС (Обь, Иртыш), встречаются на отрезках русел с карьерами (Ока, Томь), на реках с управляемым водным режимом (Москва, нижний Неман). Они активно эксплуатируются, их природно-техногенные урочища принципиально отличны от природных комплексов пойм. Техногенные террасы хорошо изучены, в том числе в ландшафтном отношении [3–6]. Выход бывшей поймы из зоны затопления сопровождается ее обсыханием, в некоторых случаях, при ее обваловании, – заболачиванием. Оба процесса неблагоприятны и требуют корректировки водного режима поймы, в том числе инженерными средствами – строительством каналов, дренажных и оросительных сетей, водорегуляторов, шлюзов, дамб, отводов.

Освоение пойм создает новые техногенные террасы, в том числе на широких поймах больших рек. С 60-х гг. XX в. такая терраса, огражденная от русла реки водозащитными дамбами, формируется на левобережье Лены в г. Якутск; причина обвалования поймы – бурный рост города и его населения. Разрабатывается проект полного перекрытия левобережной поймы в долине Туймаада: противопаводковая дамба длиной 64 км

протянется от Табагинского до Кангаласского мыса, перекрывая левобережные рукава реки. Предлагаемая статья обобщает многолетние исследования ландшафтов поймы р. Лена, в том числе в г. Якутск, и характеризует экологическое состояние поймы на современном этапе – при наличии частичного водозащитного периметра.

Материалы и методы

Ландшафтные исследования. Основной методикой работ стали натурные ландшафтные исследования поймы р. Лена, проводившиеся в 2016–2022 гг. по классической методике [7, 8]. Она предполагает крупномасштабное (1:10000–1:25000) ландшафтное профилирование долины, картирование ключевых участков и трансектов, анализ полученных карт и профилей, позволяющий провести комплексное изучение природных ландшафтов, оценить степень их антропогенного преобразования, экологическое состояние территории, выявлять техногенные объекты и результаты их воздействия на ландшафты поймы. Натурные изыскания дополнялись дешифрированием аэро- и космических снимков, картографического материала, в том числе исторического, анализом имеющихся научных, литературных и фондовых материалов.

Большое внимание уделялось динамике природных комплексов, степени их изменения, связанной с сельскохозяйственной деятельностью и строительством городских кварталов и дачных поселков; изучалось влияние на природные комплексы существующих техногенных объектов. Исследовалось затопление поймы, состояние водных объектов; картировалась пойменная растительность как наиболее подвижный компонент природного комплекса.



Рис. 1. Схема техногенной нарушенности пойменных урочищ (фрагмент): 1 – условно-коренные урочища, 2 – слабая степень нарушения, 3 – средняя степень нарушения, 4 – сильная степень нарушения, 5 – техногенные урочища

Fig. 1. Scheme of technogenic disturbance of floodplain stows (fragment): 1 – conditionally primary stows, 2 – weak degree of disturbance, 3 – medium degree of disturbance, 4 – strong degree of disturbance, 5 – technogenic stows

В общей сложности было исследовано 3,1 тыс. км² пойменных территорий между г. Покровск и устьем р. Алдан, в наибольшей степени – долина Туймаада между Табагинским и Кангаласским мысами. Была проведена нивелировка и ландшафтное описание 18 морфостворов (трансект) длиной 2–20 км через пойму Лены, дополнительно вне трансектов выполнено 1548 точек описания природных и природно-техногенных комплексов и 3000 фотопикетов, составлены ландшафтные карты и карты нарушенности урочищ (рис. 1). Точки описания охватывают практически все природные и природно-техногенные комплексы ранга урочищ на исследуемой территории. Были описаны большинство техногенных объектов: защитные сооружения в г. Якутск, насыпи проходящих по пойме автодорог, массово строящиеся дачные поселки, промышленные и гражданские объекты в пригородах Якутска, городские кварталы Якутска, Жатая и Пригородного. Установлена сложная ландшафтная структура поймы – между п. Бестях и устьем р. Алдан она включает три сопряженных ландшафта, которые отличаются друг от друга по ширине поймы, ее высоте и морфологии, почвенно-растительному покрову, освоенности, техногенной

нарушенности и набору подчиненных урочищ; последних насчитывается более 8,5 тысяч 30 видов.

Урочища стали основными объектами картирования и изучения; это природные территориальные комплексы, состоящие из генетически связанных *фаций* (элементарных комплексов с однородной структурой) и занимающие целиком мезоформу рельефа (пойменную гриву, межгивное понижение, элементарный остров, озерную котловину, выровненный пойменный массив, ограниченный ложбинами и т. д.). Вследствие этого они легко распознаются на местности и читаются на аэро- и космоснимках [7]. Сложнее выделять природно-техногенные урочища на селитебных территориях со спланированным рельефом. На первый план здесь выходят неоднородность застройки и ее функциональное назначение (жилая, промышленная, многоэтажная, усадебная). Кварталы зданий, шоссе, палисадники, скверы, парки – в этом случае являются фациями в составе урочищ.

Экспресс-оценка техногенной нарушенности ландшафтов была разработана авторами для исследования воздействия линейных коммуникаций (дорог, трубопроводов) на ландшафтную структуру [9, 10]; но впоследствии неоднократно

но применялась как показатель экологического состояния особо охраняемых территорий [11] и пойменных ландшафтов [1]. Вначале по визуальным признакам оценивается нарушенность простых или элементарных морфологических частей ландшафта – фаций или урочищ – по пяти градациям (условно-коренные, слабо-, средне-, сильнонарушенные и техногенные ПТК), затем в рамках ландшафта или исследуемой территории показатели каждой градации суммируются, по количеству или площади, вычисляются их процентное соотношение и общий показатель нарушенности в целом. Эта экспресс-оценка во многом субъективна, но дает вполне удовлетворительные результаты. Признаки каждой градации раскрываются в следующем разделе.

Результаты исследований

Результатами проведенных исследований стали: конкретизация условий развития ландшафтных структур дна долины р. Лена в районе г. Якутск, определение общего вектора развития ландшафтов и установление их нарушенности по разработанной ранее авторами методике.

На исследованной территории дна долины р. Лена выделено три ландшафта, которые отличаются друг от друга по ширине и конфигурации поймы, ее высоте и морфологии, почвенно-растительному покрову, освоенности и нарушенности. Основным критерием их обособления являются параметры дна долины – его ширина и конфигурация, которые определяют высоту половодья, особенности затопления поймы и накопления осадков на ее поверхности, русловые процессы и, в конечном итоге, рельеф, ярусность почвенно-растительного покрова поймы и внутриландшафтную структуру урочищ.

Верхний по течению ландшафт (Мохсогдохско-Синский) расположен в пределах Лено-Алданского (Приленского) плато и протягивается от г. Покровск далеко вверх по течению, до п. Исит выше Ленских столбов, где аккумулятивные острова практически исчезают из врезанного в коренные породы русла реки. В исследованную территорию входит лишь его северо-восточная часть. Пересекая Приленское плато с широким распространением кембрийских карбонатных пород, Лена развивает, за счет их выщелачивания, глубинную эрозию и формирует выше г. Покровск узкую (от 4 до 12 км) долину, с ограниченной крутыми и обрывистыми уступами коренных берегов и высоких цокольных

надпойменных террас, преимущественно правобережной поймой шириной 0,5–2,8 км. Крупные островные массивы также тяготеют к правому берегу. На левобережье вдоль уступов коренных берегов протягиваются лишь зарастающие песчано-щебнистые бечевники и незначительные по площади ленточные низкие (3–5 м над меженным уровнем) цокольные молодые поймы.

Средний по течению пойменный ландшафт (Якутский) расположен на границе Центрально-Якутской низменности и Лено-Алданского плато. Смена геоморфологических и геологических структур сопровождается резким расширением долины. Дно долины здесь четковидное, включающее два расширения – верхнее Октемцовское (долина Эркээни) и нижнее Якутское (долина Туймаада), разделенные правобережными мысами у с. Табаги и п. Кангалассы. Здесь преобладают условия свободных русловых деформаций; резкое расширение долины при большом стоке наносов способствует снижению транспортирующей способности потока; это, в свою очередь – формированию сложноразветвленного русла и образованию широкой, 10–14 км (учитывая ширину самого русла) поймы. *Нижний ландшафт, Кангаласско-Алданский*, протягивающийся от Кангаласского мыса до устья р. Алдан, расположен полностью в пределах Центрально-Якутской низменности. Пойма здесь двусторонняя, шириной 9–15 км; ниже п. Маймага она раструбообразно расширяется к устью Алдана до 20 км и более.

Условия формирования ландшафтной структуры в районе г. Якутск. Долина Туймаада – расширение дна долины р. Лена между Табагинским (верхним по течению) и Кангаласским (нижним) мысами размером 70×15–20 км – наиболее хозяйственно освоенный долинный комплекс на территории Якутии. Здесь проживает 40 % населения республики – 380 из 975 тыс. чел., находятся ее столица Якутск (324 тыс. жит.), крупные города и поселки. Сосредоточение техногенной инфраструктуры в небольшом по площади очаге предполагает значительную трансформацию ее природных комплексов.

По основным морфологическим признакам русло Лены врезается [12], формируя ступенчатую пойму; ступени образуют разновозрастные генерации, различающиеся по рельефу и почвенно-растительному покрову. Первая ступень – прирусловая островная пойма, покрытая ивняками, березняками и кустарниками. Ее высота 5–7 м над меженным уровнем; некоторые острова до-

стигают отметок 8–8,4 м. Вторую ступень (центральную луговую пойму) образуют консолидированные островные массивы, в том числе присоединенные к берегу, высотой 7–9 м. Третья ступень, высокая притеррасная пойма, занимает тыловые части береговых массивов. Ее поверхность гривистая, с отметками 8–11 м над меженным уровнем, редко затапливаемая. Ступень застроена, за пределами селитебных территорий используется как пастбище, и естественных урочищ на ней почти не сохранилось. С третьей ступенью поймы генетически связана (их рельеф одинаков) I надпойменная терраса, образующая четвертый уровень высотой 11–17 м. В Якутске и его дачных пригородах рельеф террасы выровнен при застройке – здесь остались лишь контуры сегментов и межсегментные понижения со старичными озерами. Вне городской территории на террасе господствуют остепненные дигрессионные луга, в тыловых депрессиях – озера, осоковые и хвощовые болота, заболоченные ивово-березовые мелколесья. Остепненные луга привлекают обилием цветков прострела *Pulsatilla orientalisibirica*, появляющихся с таянием снега; для населения они имеют почти сакральное значение.

Сергеляхская (вторая надпойменная) терраса распространена по левобережью р. Лена неширокими (1–4 км) фрагментами вдоль уступа коренного берега. Гривы и гряды террасы возвышаются над меженным урезом Лены на 14–20 м; понижения также лежат выше максимально возможных уровней затопления, даже заторного происхождения. Бровка выражена уступом высотой 3–5 м, кое-где в городских кварталах сnivelированным, над поверхностью первой террасы. Вдоль уступа просматривается извилистое понижение шириной 200–500 м, занятое системой озер (Сайсары, Белое, Сергелях, Янит, Соленое) с глубинами до 6 м. Аллювий террасы представлен базальным галечником и песками, крупность которых уменьшается вверх по разрезу. Пески перекрыты маломощной (1–1,5 м) толщей суглинков и супесей, иногда с прослоями торфа. Мощность аллювия составляет 18–33 м, его подошва лежит ниже современного меженного уреза Лены [13, 14].

Формально терраса не относится к днищу долины, но включена в черту города (на ней расположены мкр. Сергелях, ГИМЕИН, Поселок Геологов, Строительный и Сайсарский округа, часть мкр. Мархи), и ее природно-техногенные комплексы также стали объектом исследования. В прош-

лом террасу покрывали сосновые леса, сейчас большая ее часть уже застроена. Парковые сосняки, чередующиеся с дачными участками, сохранились в западной части Якутска в микрорайонах Борисовка, Сергелях и др., останком прежних лесов является парк культуры и отдыха им. Гагарина у стадиона «Туймаада».

Современный вектор эволюции ландшафтной структуры в долине Туймаада – смена сельскохозяйственных и остатков лесных, луговых и болотных урочищ селитебными. До 50-х гг. XX в. Якутск был небольшим городом с населением менее 60 тыс. чел. С 1950 по 2020 г. его территория возросла десятикратно при росте населения в 5,6 раза (рис. 2). Левобережье застраивается многоэтажными и усадебными кварталами, быстро расширяется дачная периферия, возводятся фермы, теплицы, многоцелевые базы отдыха, сельскохозяйственно-торговые предприятия, промышленные кластеры. При освоении возникает много «ландшафтных сорняков» – замусоренных и заболоченных пустырей с канавами, отвалами грунтов, помойками и ветхими лачугами. Благоустройство городской территории еще оставляет желать лучшего и требует внимания.

Пойма р. Лена в Якутском расширении затапливается регулярно, но на короткое время. При ледовых заторах вода поднимается на 11–13 м, под воду уходит не только пойма, но и пониженные участки первой надпойменной террасы. Сейчас разливы на левобережной пойме ограничивают почти 75 км дамб, дорожных насыпей, набережных, перекрывающих доступ воды на третью ступень поймы. Защитный периметр уменьшил ширину разлива в районе Якутска на 1,3–1,8 км (на 15 %), выше и ниже города – на 3–5 км (20–30 %).

Тенденции развития Якутского ландшафта. Строительство защитного периметра неоднозначно сказалось на природно-техногенных системах поймы. Две низкие ступени поймы по-прежнему регулярно затапливаются и промываются, условия развития природных комплексов здесь не изменились. Часть массивов третьей ступени поймы сохранила гидравлическую связь с руслом реки, вода заходит на них через устья ложбин. Транзитный поток здесь не возникает, но воды половодья свободно стекают в реку, вследствие чего эти массивы имеют хороший дренаж и слабую заболоченность.

В центральной и северной частях Якутска возникли изолированные бассейны, огражден-

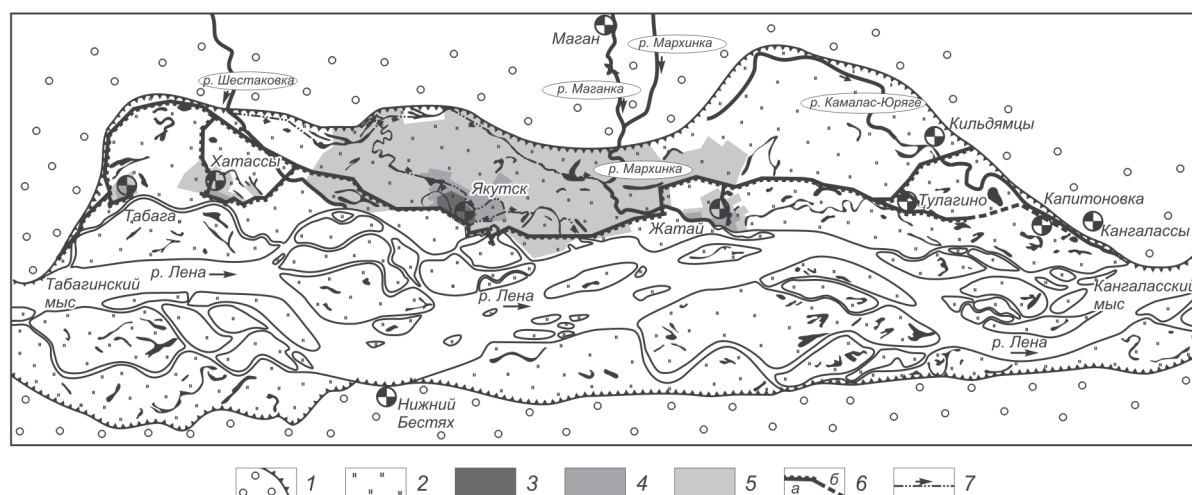


Рис. 2. Рост г. Якутск (застроенные территории) и защитный периметр: 1 – коренной берег, 2 – дно долины (пойма и низкие террасы: Якутская (I) и Сергеляхская (II)), 3 – застроенная территория в 1890 г., 4 – площадь застройки в 1955 г., 5 – селитебная территория в 2020 г., 6 – внешние защитные дамбы и поднятые насыпи автодорог (а – не переливаемые в половодье, б – переливаемые), 7 – городской канал, направление течения

Fig. 2. Growth of Yakutsk (built-up areas) and protective perimeter: 1 – valley side, 2 – valley bottom (floodplain and low terraces: Yakutskaya (I), and Sergelyakhskaya (II)), 3 – built-up area in 1890, 4 – building area in 1955, 5 – residential area in 2020, 6 – external protective dams and raised road embankments: а – not overflowing during floods, б – overflowing, 7 – city canal, direction currents

ные дамбами. Их затопление речными водами исключено, но и сток в реку выпадающих осадков почти невозможен. При близком залегании мерзлых грунтов здесь развивается заболачивание, а уровни воды в пойменных озерах на 2–5 м выше меженного уровня воды в реке. Непроточность, кроме ухудшения экологического состояния озер и ложбин, способствует подтоплению городской территории, при ливнях превращает улицы и дворы в мутные потоки и озера. Излишнее увлажнение поймы увеличивает глубину сезонного оттаивания мерзлоты, снижает устойчивость грунтов к техногенным нагрузкам. Некоторые изолированные бассейны, затопление которых прекратилось (у поселков Табага и Жатай), трансформируются в сухие пустыри: оставшиеся озера высыхают, растительность выбивается пастбищной дигрессией. Обсыхает Табагинское болото, разбитое грейдерами на изолированные массивы.

С 90-х гг. XX в. властями и организациями Якутска проводятся работы по устранению негативных процессов на городской территории: выполнена инвентаризация городских озер, реконструирован водосброс из оз. Сайсары в Городскую протоку, очищены днища и берега озер от ила и мусора, в новых кварталах прокладываются

дренажные каналы, восстанавливается городской канал, предназначенный для регулирования уровней озера. Но этого недостаточно, дренажная система нуждается в реконструкции и улучшении, а экологическое состояние многих озер остается неудовлетворительным.

Рост селитебной территории создает механические нарушения ландшафтной структуры; создаются природно-техногенные территориальные комплексы. *Урочища с кварталами многоэтажной городской застройки с асфальтированными улицами, жилыми и общественными зданиями, торговыми комплексами, промышленными предприятиями сосредоточены на старой территории Якутска. Поверхность здесь выровнена, много отсыпок и искусственных площадок; пойменные ложбины засыпаны, разделены на изолированные отрезки с озерами и тростниковыми болотами. Застройка чередуется со скверами с березой, ивой, акацией, шиповником, реже – с елью и лиственницей, в дворовых и парковых посадках – с тополем душистым, свидиной, смородиной, иногда – боярышником, венгерской сиренью и яблоней *Malus baccata*.*

Ошибки в эксплуатации зданий сопровождаются разрушением мерзлоты, снижением устойчивости грунтов, нередко авариями. Этому спо-

собствует плохой дренаж низменных и плоских урочищ, ослабленный разрушением естественной сети пойменных ложбин.

Урочища с малоэтажной застройкой усадебного типа преобладают на окраинах Якутска (районы Марха, Сергелях, Строительный, Сайсарский округа, район ГРЭС) и в крупных поселках. Застройка ведется по гривам; межгривные ложбины сохраняются, но перекрываются насыпями автодорог. В результате наблюдаются заболачивание ложбин и подтопление берегов, часто занятых свалками и хибарами, заболачивание дворов из-за постоянно высокого уровня воды в старичных озерах. Обращают на себя внимание запредельно большая плотность деревянной застройки (при колоссальном резерве свободных площадей) и общая неблагоустроенность территории – давно не отремонтированные улицы и проезды, проблемы с водой, недостаточно развитая инфраструктура, ветхость жилья.

Урочища с сельской малоэтажной застройкой находятся в лучшем состоянии: плотность застройки здесь меньше, палисадники с елями, березами и кустарниками скрывают ветхие дома. В последние годы в поселках появилось немало благоустроенных коттеджей и общественных зданий. Ложбины с озерами здесь не перегораживаются, чем сохраняется хороший дренаж поймы. Села имеют разбросанную планировку: гривы с улицами разделяются низинами-пустырями, которые велик соблазн использовать как помойки, свалки крупного мусора, строительных отходов, ржавого железа, навоза с ферм. Замусоренные, утопающие в грязи ложбины есть почти в каждом поселке. Проблема сельских урочищ – застройка периферийных низких грив, часто затопляемых, и руины давно не используемых ферм, складов, лесопилок, технических строений, создающие очаги экологического неблагополучия.

Урочища с коттеджно-дачной застройкой образуют северную и южную периферию Якутска. Сейчас их площадь стремительно растет. Коттеджные поселки не являются очагами экологической напряженности, – они новые, с относительно хорошими дорогами, газификацией; здесь нет руин и замусоренных ложбин; по периферии – не выбитые пастбища, а эстетически красивые лесные и луговые комплексы. Урочища городских технических территорий в большинстве случаев являются «ландшафтными сорняками» – злаково-сухотравными (в ложбинах и депрессиях – заболоченными тростниковыми)

замусоренными пустырями вокруг технических объектов, ферм, предприятий.

Вне селитебной зоны произошла смена лесного эволюционного ряда природных комплексов лугово-кустарниковым. В долине Туймаада в результате многовекового пастбищного использования лесные урочища, сменяющие друг друга в зависимости от высоты над меженным уровнем (ивняки – ивово-ольховые леса – ольшаники – березняки – сосняки на песках или лиственнично-еловые леса на суглинках), замещены подвижным рядом лугово-кустарниковых сообществ. В 50–80-е годы XX в. здесь даже проводились мероприятия по улучшению сенокосов и пастбищ, включавшие, в том числе, вырубку, раскорчевку кустарников и их уничтожение гербицидами.

На второй ступени поймы низкие уровни (3–5 м над меженным урезом) в днищах старичных понижений занимают хвощовые и тростниковые болота. На склонах ложбин и в депрессиях с отметками 5,0–6,5 м их сменяют осоковники. В их травостое присутствует более 40 видов, но основной фон дают осоки – двурядная и острая. Луговые комплексы включают три градации – сырые (располагаются на отметках 6,5–8 м) лисохвостные, полевицевые и ячменниковые луга, разнотравно-бобово-злаковые луга среднего увлажнения (от 7,5 до 8,5 м), сухие и остепненные (более 8,5 м) луга, эдификаторы которых – лилия желтая, астры, полевица Триниуса, келерия степная, полыни, подмаренники, гвоздики, люцерна, вострец пушистостоловый, осока твердоватая, мышиный горошек.

Луговые комплексы третьей ступени и надпойменной террасы уже можно считать условно-коренными, так как в условиях пастбищного сельского хозяйства они существуют многие десятилетия. Гривы низких сегментов (9–10 м), сложенные суглинками, занимают пастбищно-сенокосные луга среднего увлажнения (мятликовые, пырейные, ячменные) с горошками, чиной и богатым разнотравьем: лилией желтой, колокольчиками, геранями, астрами, подмаренниками и др., местами с осоковыми лугами в небольших ложбинах. Песчаные высокие (более 10 м) гривы покрыты сухими остепненными лугами (келериевыми, вострецовыми) с подавляющим превосходством степных видов.

Усиливается пастбищная дигрессия. Урочища с дигрессионными лугами распространены повсеместно, особенно – на третьей ступени поймы. Злаковые, полынные, обедненные луга со

значительным участием сорных и непоедаемых видов, проективным покрытием 40–50 % и высотой травостоя не более 5 см – основной фон не только высоких грив древней поймы, но они встречаются и в приустьевье, даже на относительно низких (6–6,5 м над урезом) отметках. На пастбищах травостой выбивается и поедается до корней, разрушаются дернина и верхние горизонты почв, что иногда приводит к развеванию песков. Вблизи населенных пунктов и у заброшенных ферм создаются луговые пустыри с руинами и остатками загонов. Пастбищная дигрессия разрушает старичные и межгрядные ложбины: скот перемешивает грунт, превращая днище ложбины в глинистый такыр.

Техногенная нарушенность урочищ. К естественным (условно-коренным) фациям и урочищам относятся природные комплексы, не используемые в хозяйстве, почти полностью сохранившие зональный (в поймах – ярусный) почвенно-растительный покров, соответствующий

условиям затопления, увлажнения, литологическому составу поверхностных отложений. Нарушения структуры – единичные тропы, грунтовые дороги, вырубki, канавы, стоянки, легкие строения занимают не более 5 % территории урочища, не влияют на режим увлажнения и не ухудшают санитарное состояние природного комплекса. К ним относятся лесные урочища островов приустьевой поймы. Условно-коренными являются природные комплексы ложбин с хвощовыми и осоковыми болотами, озерами и ленточными ивняками. Условно-коренными можно считать урочища второй и третьей ступеней поймы с закустаренными лугами: сырыми и заболоченными осоковыми, среднего увлажнения с богатым цветущим разнотравьем (рис. 3, а), сухими остепненными. Они существуют в ландшафтной структуре пойм десятки лет без видимых изменений, хотя, безусловно, являются вторичными структурами, появившимися на месте лесов в результате многовекового пастбищного ис-

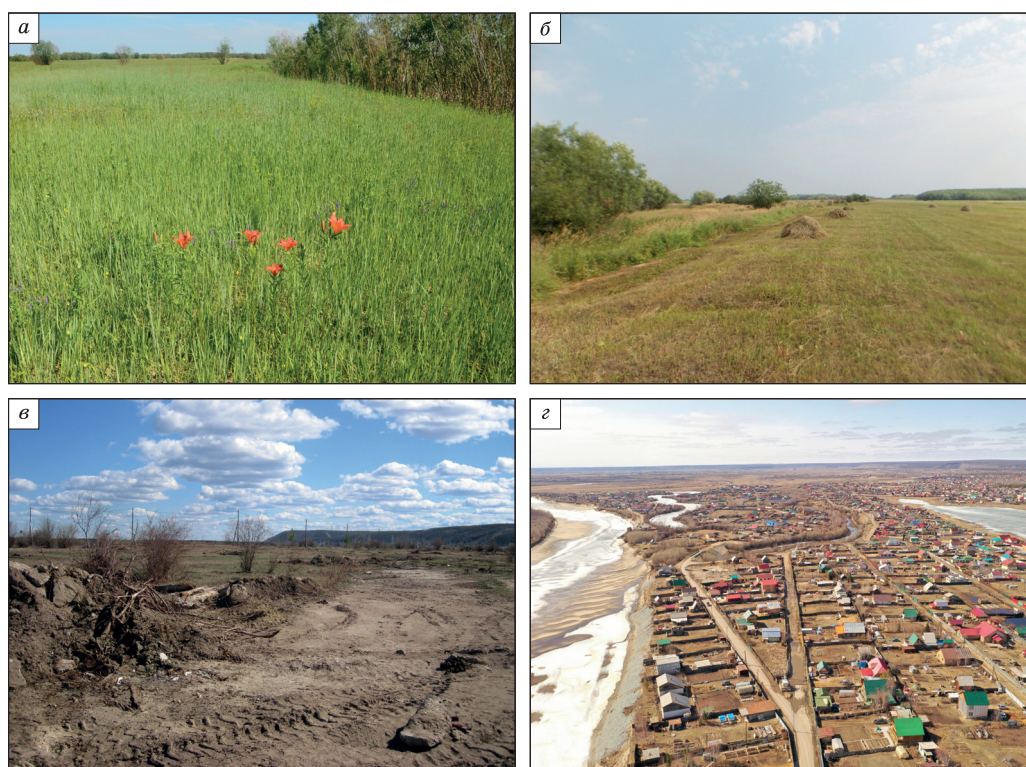


Рис. 3. Степень техногенной трансформации урочищ: а – условно-коренной (природный) комплекс (луговая гряда на о. Кюэх-Ары); б – слабая степень трансформации (гряда с сенокосными лугами, Мохсоголлохско-Синский ландшафт); в – средняя степень (пустырь у п. Табага); з – сильная степень (гряда с коттеджно-дачной застройкой, п. Пригородный)

Fig. 3. Extent of anthropogenic transformation of stow areas: а – conditionally primary (natural) complex (meadow ridge on Kueh-Ary Island); б – weak degree of transformation (ridge with hay meadows, Mokhsogollokh-Sinsky landscape); в – average degree (wasteland near the Tabaga village); з – strong degree (ridge with cottage buildings, Prigorodny village)

пользования поймы. Основной критерий здесь – они не эксплуатируются постоянно, как пастбища и сенокосы.

Слабонарушенные урочища имеют измененный видовой состав растительности (например, березняки и кустарники вместо ельников и лиственничников, дигрессионные пастбищные луга на месте лугов с богатым разнотравьем, пастбищные леса с редуцированными кустарниковым и травяным ярусом) и нарушенными свойствами почв (структуру, характер оглеения) без изменения их морфологического типа. Вырубки, пустоши, легкие постройки, дороги, канавы, карьерные выемки, свалки мусора, кострища могут занимать до 20 % площади. Сюда входят фации с парковыми лесами в Якутске, старичные понижения с луговой растительностью на месте ивняков, урочища с молодыми вторичными лесными насаждениями из сосны и березы.

К слабо нарушенным урочищам относится большинство урочищ поймы с сенокосными лугами (рис. 3, б). Тотальный сенокос почти не влияет на видовой состав лугов, который воспроизводится на следующий год в зависимости от режима затопления поймы. Некоторое снижение сельскохозяйственной нагрузки на пойму с 90-х годов XX в., прекращение работ по улучшению сельскохозяйственных угодий сопровождались распространением по пойме ивняков, кустарников и березовых мелколесий. Но эта тенденция обратима и не свидетельствует о возможном восстановлении прежней лесной растительности.

Средняя степень нарушения включает вырубку леса с изменением почвенного покрова, распашку под огороды, интенсивный выпас, с образованием низкотравных сухих лугов, с разрушением верхних горизонтов почв, оголением поверхности, частичное изменение рельефа, условий поверхностного и подземного стока (сооружение карьеров, дамб, прокладка коммуникаций с насыпями и выемками, многочисленных троп и дорог, перекрытие проток, мелиоративные работы). Пустоши (рис. 3, в), застроенные участки, карьеры, изрытые и спланированные участки занимают от 20 до 50 % площади природного комплекса. Сюда же относятся «ландшафтные сорняки» – техногенные пустыри с замусоренными залежами и мелколесьями, карьерами, руинами, разрушенными строениями, сточными канавами на месте ручьев и рек.

Сильную степень нарушения определяют уничтожение естественного почвенно-растительного

покрова, формирование техногенных и искусственных почв на насыпных грунтах, создание искусственных фитоценозов (разбивка парков, питомников и скверов), изменение рельефа или застройка более 50 % площади урочища, регулирование стока и режима увлажнения плотинами и водохранилищами, мелиоративными системами, прокладкой коллекторов. От природного комплекса остается практически один геологический фундамент. Это урочища с многоэтажной городской, дачной и усадебной сельской застройкой (рис. 3, г), урочища со стройплощадками, дорожными насыпями, инженерными сооружениями, коммуникациями, причалами, водозаборами, карьерами. Селитебные ПТК не являются полностью техногенными; геологические и гидрогеологические свойства фундамента бывших природных урочищ (в частности, мерзлота) оказывают существенное воздействие на эксплуатацию зданий и объектов.

К категории сильно нарушенных урочищ относятся перекрытые дамбами и насыпями старичные понижения. Это могут быть и комплексы парково-рекреационного типа с набережными, дорожками, фонтанами, цветниками и скамейками на тротуарах и замусоренные лоханки со свалками и затопленными сараями на бортах. К сожалению, застройка пойм и террас в Якутске сопровождается необратимой деградацией разветвленной сети ложбин и старичных понижений.

Техногенные урочища. В техногенном комплексе все компоненты, включая литогенный фундамент, должны быть созданы искусственно; это могут быть хозяйственные и селитебные объекты на насыпных грунтах, с круговоротом вещества и энергии, который обеспечивается инженерными коммуникациями. Они характерны для промышленных и городских агломераций. Многоэтажная застройка редко сохраняет изначальный рельеф: сглаживаются даже крупные его элементы – уступы террас, овраги, холмы. При прокладке коммуникаций и заложении фундаментов грунт перекапывается на большую глубину. Пойма превращается в террасу с насыпными грунтами, создается система поверхностного стока вдоль улиц, прокладывается дренаж, водопровод и канализация; малые притоки и ручьи забираются в трубы.

Техногенных урочищ на пойме Лены немного, даже в черте Якутска, они встречаются единицами среди сильно нарушенных урочищ. Это всевозможные дамбы, дорожные насыпи, карье-



Рис. 4. Техногенное урочище – отсыпка 202 и 203 кварталов Якутска

Fig. 4. Technogenic stow – backfilling of blocks 202 and 203 in Yakutsk

ры, пруды, хозяйственные объекты на искусственных грунтах. Техногенным урочищем, например, является старичное понижение Теплового озера в Якутске, расширенное и вычищенное, с набережными, лавочками, декоративным освещением, мостиками и фонтанами. Техногенными урочищами служат песчаные отсыпки микрорайонов 202 и 203 (рис. 4), защищенные дамбами, с искусственной системой дренажа и стока, заасфальтированной поверхностью и многоэтажной застройкой.

Нарушенность пойменных ступеней. Первая ступень поймы масштабно не освоена, здесь абсолютно преобладают условно-коренные ПТК с лесной растительностью. Молодые острова малодоступны, они посещаются рыбаками, охотниками, летом – отдыхающими, устраивающими стоянки, временные балки и биваки, иногда – палаточные лагеря. Стихийная рекреация и рыбалка не наносят ущерба островным урочищам: отходы вывозятся, случайные тропинки быстро зарастают, а остающийся мусор, шалаши и хижинки – сносятся первым же паводком. Урочища с сильной степенью нарушения – береговые полосы, приспособленные под пляжи и технические площадки (например, для причалов паромов, погрузочно-разгрузочные комплексы), занимает лишь 3 % площади ступени. Существенно больше (10 % площади) на молодой пойме слабо нарушенных урочищ, где ивняки и березняки замещены лугово-кустарниковыми и луговыми сообществами. Распространение лугов на молодых поймах – антропогенный процесс. В прошлом эти урочища использовались как пастбища; сейчас – как места отдыха и подходы к руслу Лены.

Вторая ступень поймы характеризуется слабой степенью нарушенности. Сенокос не затрагивает почвы и почти не изменяет видовой состав лугов. Высотные границы луговых ярусов сдвигаются на 1,5–2,5 м по высоте в зависимости от высоты половодья и продолжительности затопления. В многоводные годы сырые луга – осоковые и злаково-разнотравно-осоковые, – могут занимать склоны грив и даже вершины низких грив до высоты 6,5–7 м над меженным уровнем. В годы с низкими половодьями луга среднего увлажнения спускаются в днища понижений до отметки 5,5 м, при условии, что в них нет мерзлоты. Но это естественный процесс.

Строительство на второй ступени почти не ведется, оно невозможно без водозащитных сооружений и отсыпок. Отсыпки 202–203 кварталов, район Даркылах в Якутске, дачные поселки Север и Речник в Жатае – исключения, ведущие «борьбу за существование» с переменным успехом. Здесь нет ферм – только временные полевые станы с легкими постройками. Соответственно, на зрелой ложбинно-островной пойме почти нет урочищ с сильной степенью нарушения и очень мало (не более 10 % территории) – со средней.

Препятствием освоения второй ступени служит не только регулярное затопление, но и относительная недоступность и раздробленность угодий: островные массивы разделены густой сетью протоков, пересыхающих только в августе–сентябре. Сельскохозяйственная техника заводится, в основном, в конце зимы по льду; реже – на паромках. Сообщение между гривами ограничено: переездов через ложбины с озерами и болотами мало, и действуют они, в основном, с конца июля. Это затрудняет снабжение сельхозбригад расходными материалами, ГСМ, продуктами. Трудности освоения второй ступени, в конечном итоге, снижают степень ее антропогенной нарушенности до слабой.

Третья и четвертая ступени имеют среднюю и сильную степень нарушенности. Левобережная пойма от п. Пригородный до п. Жатай застроена почти сплошь. Исключения – относительно небольшие по площади урочища с сосновыми лесами в Строительном округе Якутска, включая Парк культуры и отдыха им. Гагарина. Линейка сильно нарушенных селитебных урочищ дополняется пастбищными комплексами. Они широко развиты у сел Табага и Хатассы, на правобережье у сел Хаптагай, Павловск, Нижний Бестях. С превращением Намского тракта в

непереливаемую дамбу остепненные луга распространяются на пойме севернее Якутска по гривам с отметками 6–7 м над меженным уровнем, что на 2 м ниже их обычного положения. Урочищ с сильной степенью нарушения на высокой пойме около 40 %, условно-коренных – не более 5 %.

Обсуждение результатов

Нарушенность Якутского ландшафта в целом. Ландшафт долины Туймаада (условно названный Якутским) имеет среднюю степень нарушения с тенденцией к росту из-за возрастания техногенной нагрузки и связанных с этим экологических осложнений. Условно-коренных урочищ здесь меньше, чем слабо нарушенных, – 30,2 против 39,4 % (хотя занимаемая ими площадь пока еще больше – 30,5 % из 1,6 тыс. км² против 23 %). Здесь много урочищ со средней (17,6 %, по площади 23 %) и с сильной степенью нарушения (10,2 %, по площади 21 %). Доля техногенных урочищ 2,6 % (около 2,5 % по площади). Таким образом, сильную и среднюю степень нарушения сейчас имеет треть урочищ ландшафта – 30,4 %. По сравнению с соседними ландшафтами поймы р. Лена, это много. Кангаласско-Алданский ландшафт, включающий пойму реки между Кангаласским мысом и р. Алдан, – малоосвоенный. Доля условно-коренных урочищ здесь 55 %, слабо нарушенных – 30 %, за счет используемых как сенокосы и пастбища урочищ высокой поймы в его южной части. Среднюю степень нарушения имеет 12 % урочищ, сильную – 3 % (это селитебные урочища). Техногенных урочищ, здесь, по сути, нет. Мохсоголлохско-Синский ландшафт, расположенный к югу от г. Покровска, – слабонарушенный. Подсчет урочищ в его исследованной части дает долю условно-коренных комплексов 48,5 % (приустьевая и центральная пойма первой и второй ступеней), слабо нарушенных – 28 % (урочища высокой поймы с сенокосными лугами). Доля урочищ со средней степенью нарушения 15 %, с сильной – 7 %; это застроенные гривы и перекрытые насыпями старичные ложбины на селитебных территориях. 1,5 % урочищ из 1800 можно отнести к техногенным (пруды и дамбы на р. Кирим у с. Качикатцы, береговые карьеры в Мохсоголлохе, насыпи грейдеров и ряд других урочищ малой площади).

Сопоставление с близкими по строению ландшафтами и территориями. Интересно сравнить нарушение ландшафтов днища долины

р. Лена с нарушением ландшафтов других техногенных террас. Пойма р. Москва в нижнем течении (ниже г. Москва) является типичной техногенной террасой, не затопляемой почти 90 лет, которая интенсивно используется в сельском хозяйстве и постепенно застраивается промышленными и гражданскими объектами. Ее природные комплексы имеют среднюю и сильную степень нарушения; в Москворецко-Битцевском ландшафте, ближайшем к Москве, 53–57 % сильно нарушенных и техногенных урочищ, занимающих 31 % территории. Нерский ландшафт имеет наибольшую долю техногенных урочищ (40 %): здесь, в расширениях поймы, проводились большие мелиоративные работы и создана наиболее разветвленная сеть каналов; но их площадь (7,3 %) невелика. Условно-коренных урочищ здесь всего 5–7 %, слабо нарушенных – от 7 до 13 % [3]. Следовательно, нарушение городских и пригородных ландшафтов днища долины Лены еще не предельная; она даже ниже показателей нарушения урочищ поймы р. Москва в особо охраняемых резерватах, исключенных из непосредственного хозяйственного использования. В частности, на Строгинской пойме, входящей в природный Москворецкий парк, лишь 11 % пойменных урочищ сохранили близкий к естественным облик. 24 % урочищ здесь имеют среднюю, 26 % – сильную степень нарушения, и 7 % являются техногенными [11]. Тем актуальней в долине Туймаада становится разработка природоохранных мероприятий, призванных сберечь еще оставшиеся природные урочища.

Следует отметить, что нарушение исследованных ландшафтов имеет ту же тенденцию снижения показателей по мере удаления от центров освоения, как, например, в Европейской России. Нарушенность якутского ландшафта близка к среднеосвоенным ландшафтам центральных районов Тверской области: доля урочищ, близких к естественным, составляет 11 – 15 %, слабонарушенных – 29 %; сильную степень нарушения имеет 31 % природных комплексов. Для Ярославской области эти показатели составляют, соответственно 18, 42 и 23 %, для менее освоенной северной Вологодской – 40, 35 и 6 % [9, 10], что близко к параметрам нарушения Кангаласско-Алданского ландшафта.

Заключение

Нарушенность покровско-якутского ландшафта отражает результат значительного вовлечения пойменных территорий в хозяйственный оборот;

и при дальнейшем освоении поймы Лены, темпы которого в ближайшее время вряд ли снизятся, следует предусматривать уже не только защитные, но и природоохранные мероприятия и меры по благоустройству осваиваемых территорий, выходящих из зоны регулярного затопления. В частности, необходимо восстановить (хотя бы частично) сеть пойменных проток, улучшив дренаж поймы: заменить глухие дамбы водопропусками; расчистить русла; укрепить и облагородить берега, убрав сараи, заборы, свалки и мусор; предусмотреть обводнение пастбищ и сенокосов на удаленных от реки массивах, используя те же пойменные протоки. Пойменные протоки и ложбины служат естественной дренажно-канализационной сетью, создать которую на селитебных территориях в условиях сплошного развития мерзлоты затруднительно.

Список литературы / References

1. Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. *Экологическое русловедение*. М.: ГЕОС; 2000. 332 с.

Berkovich K.M., Chalov R.S., Chernov A.V. *Ecological channel science*. Moscow: GEOS; 2000. 332 p. (In Russ.)

2. Сурков В.В. Техногенные террасы, их формирование, развитие и ландшафтная структура. В кн.: *Изучение и сохранение естественных ландшафтов: сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию юбилею Волгоградского государственного социально-педагогического университета и естественно-географического факультета ВГСПУ, г. Волгоград, 12–15 сентября 2011 г.* М.: Планета; 2011. С. 332–336.

Surkov V.V. Technogenic terraces, their formation, development and landscape structure. In: *Study and preservation of natural landscapes: a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the Volgograd State Social Pedagogical University and the Faculty of Natural Geography of VGSPU, Volgograd, September 12–15, 2011*. Moscow: Planeta; 2011. pp. 332–336. (In Russ.)

3. 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 техногенной нарушенности ее природных территориальных комплексов. *Эрозия почв и русловые процессы*. 2019;(21):113–149.

Zavadsky A.S., Surkov V.V., Chernov A.V. Floodplain of the river Moscow in the lower reaches, its ecological state, development under conditions of intensive technogenic use and assessment of technogenic disturbance of its natural territorial complexes. *Soil erosion and channel processes*. 2019;(21):113–149. (In Russ.)

4. Царегородцева А.Г. *Пойменные ландшафты Павлодарского Прииртышья*. Павлодар: Павлодарский гос. ун-т им. С. Торайгырова; 2003. 77 с.

Tsaregorodtseva A.G. *Floodplain landscapes of the Pavlodar Irtysh region*. Pavlodar: Pavlodar State University named after S. Toraigyrov; 2003. 77 p. (In Russ.)

5. Шестобитова Л.В. Классификация пойменных ландшафтов с позиции измененности их человеком. *Вопросы географии Сибири*. 2003;(25):236–241.

Shestobitova L.V. Classification of floodplain landscapes from the perspective of their alteration by humans. *Voprosy geografii Sibiri*. 2003;(25):236–241. (In Russ.)

6. Буркин В.П. *Ландшафтная среда пойменных территорий как основа пространственной структуры городов*: Дисс...канд. геогр. наук. М.; 2000. 149 с.

Burkin V.P. *Landscape environment of floodplain territories as the basis of the spatial structure of cities*: Diss ... Cand. Sci. Moscow; 2000. 149 p. (In Russ.)

7. Жучкова В.К. *Организация и методы комплексных физико-географических исследований*. М.: МГУ; 1977. 186 с.

Zhuchkova V.K. *Organization and methods of complex physical-geographical research*. Moscow: Moscow State University; 1977. 186 p. (In Russ.)

8. Жучкова В.К., Раковская Э.М. *Методика комплексных физико-географических исследований*. М.: Центр «Академия»; 2004. 354 с.

Zhuchkova V.K., Rakovskaya E.M. *Methods of complex physical-geographical research*. Moscow: Academy; 2004. 354 p. (In Russ.)

9. Сурков В.В. Оценка антропогенной нагрузки ландшафтов по трассе Северо-Европейского газопровода в пределах Вологодской области. В кн.: Дьяконов К.Н. (ред.). *Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: материалы XI Международной ландшафтной конференции, г. Москва, 22–25 авг. 2006 г.* М.: МГУ; 2006. С. 590–593.

Surkov V.V. Assessment of the anthropogenic load of landscapes along the route of the North European Gas Pipeline within the Vologda Region. In: D'yakonov K.N. (ed.). *Landscape science: theory, methods, regional studies, practice: Proceedings of the 11th International landscape conference, Moscow, August 22–25, 2006*. Moscow: Moscow State University; 2006. pp. 590–593. (In Russ.)

10. Иванов А.Н., Самойлова Г.С., Сурков В.В. Ландшафтно-экологические исследования при проектировании газопроводов в лесной зоне. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2008;(1):58–65.

Ivanov A.N., Samoilova G.S., Surkov V.V. Landscape and environmental studies when designing gas pipelines in a forest area. *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*. 2008;(1):58–65. (In Russ.)

11. Завадский А.С., Зайцев А.С., Мосалов А.А. и др. Опыт комплексной природной инвентаризации особо охраняемой природной территории (на примере Строгинской поймы в г. Москве). *Бюллетень Главного ботанического сада РАН*. 2008;194:110–140.

Zavadsky A.S., Zaitsev A.S., Mosalov A.A., et al. An experience of complex inventory inspection of a especially protected natural area (a case of the Moscow River food-lands in the region of Strogino, Moscow). *Bulletin*

of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. 2008;194:110–140. (In Russ.)

12. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т.1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ; 2008. 608 с.

Chalov R.S. Channel studies: theory, geography, practice. T.1: Channel processes: factors, mechanisms, forms of manifestation and conditions for the formation of river channels. Moscow: LKI Publishing House; 2008. 608 p. (In Russ.)

13. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М.: Изд-во АН СССР; 1959. 143 с.

Soloviev P.A. Permafrost zone of the northern part of the Lena-Amga interfluv. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences; 1959. 143 p. (In Russ.)

14. Гриненко В.С., Камалетдинов В.А., Сластенов Ю.Л., Щербаков О.И. Геологическое строение Большого Якутска. В кн.: Региональная геология Якутии: Сборник научных статей. Якутск: Изд-во ЯГУ; 1995. С. 3–19.

Grinenko V.S., Kamaletdinov V.A., Slastenov Yu.L., Shcherbakov O.I. Geological structure of Greater Yakutsk. In: Regional geology of Yakutia: Collection of scientific papers. Yakutsk: Yakut State University, 1995, pp. 3–19. (In Russ.)

Об авторах

СУРКОВ Виталий Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0009-0006-1458-0554>, ResearcherID: M-3081-2015, Scopus Author ID: 36860323700, SPIN: 8733-8900, e-mail: vita.surkov@yandex.ru

ЗАВАДСКИЙ Александр Сергеевич, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, ResearcherID: M-3089-2015, Scopus Author ID: 6602245310, SPIN: 3043-9153, e-mail: az200611@rambler.ru

ТУЗОВА Елизавета Андреевна, инженер, ResearcherID: P-2652-2015, e-mail: ea.morozovaa@yandex.ru

Вклад авторов

Сурков В.В. – разработка концепции, методология, проведение исследования, ресурсное обеспечение, создание черновика рукописи

Завадский А.С. – проведение исследования, ресурсное обеспечение, администрирование данных, редактирование рукописи, руководство исследованием, администрирование проекта

Тузова Е.А. – программное обеспечение, верификация данных, проведение статистического анализа, проведение исследования, визуализация

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

About the authors

SURKOV, Vitaly Vladimirovich, Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher, <https://orcid.org/0009-0006-1458-0554>, ResearcherID: M-3081-2015, Scopus Author ID: 36860323700, SPIN: 8733-8900, e-mail: vita.surkov@yandex.ru

ZAVADSKY, Alexandr Sergeevich, Cand. Sci. (Geogr.), Leading Researcher, ResearcherID: M-3089-2015, Scopus Author ID: 6602245310, SPIN: 3043-9153, e-mail: az200611@rambler.ru

TUZOVA, Elizaveta Andreevna, Engineer, ResearcherID: P-2652-2015, e-mail: ea.morozovaa@yandex.ru

Authors' contribution

Surkov V.V. – conceptualization, methodology, investigation, resources, original draft

Zavadzky A.S. – investigation, resources, data curation, review & editing, supervision, project administration

Tuzova E.A. – software, validation, formal analysis, investigation, visualization

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Submitted 10.04.2024

Поступила после рецензирования / Revised 23.04.2024

Принята к публикации / Accepted 15.05.2024