

Ю.В. ВАНТЕЕВА*, М.Ю. ОПЕКУНОВА*, **, В.А. ГОЛУБЦОВ*

*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, ula.vant@mail.ru, opek@mail.ru, tea_88@inbox.ru

**Иркутский государственный национальный исследовательский технический университет,
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия, opek@mail.ru

ЛАНДШАФТНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЙМЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ РЕКИ КИТОЙ

В преобразовании рельефа Предбайкалья важную роль играют флювиальные процессы. Одним из значимых индикаторов динамического состояния флювиальных систем является структура долинных геосистем, исследованию которой в Предбайкалье уделяется недостаточно внимания. По данным комплексных полевых работ и ортофотосъемки с помощью БПЛА выполнено крупномасштабное картографирование долинных геосистем р. Китой в разных геодинамических обстановках, проанализированы особенности их пространственной структуры и динамики. Установлено, что геоморфологическое строение территории, определяющее скорости русловых деформаций и интенсивность склоновых процессов, существенно влияет на развитие долинных геосистем и их пространственную структуру. Самую сложнопостроенную структуру имеет участок долины р. Китой, формирующейся в равнинной части бассейна. В горной части наблюдается фрагментированность развития отдельных морфологических элементов долины и меньшее разнообразие элементарных геосистем. По результатам анализа сукцессионных смен почвенно-растительного покрова на разных морфологических элементах долины определены основные этапы развития долинных геосистем и получены количественные характеристики основных индикаторов стадий развития пойменных генераций и их динамического состояния. Для геосистем низкой и средней поймы долины р. Китой ведущим фактором формирования их пространственной структуры и динамики являются флювиальные процессы, за исключением высокогорной части бассейна, где они сглаживаются процессами криогенеза, и ряды сукцессионных смен почвенно-растительного покрова идентичны практически на всей протяженности долины. Геосистемы высоких пойм и низких террас, формирующиеся в условиях ослабленного влияния флювиальных процессов, в зависимости от смены высотных поясов имеют более выраженные черты горной и подгорной тайги.

Ключевые слова: пойменно-русловой комплекс, морфодинамический тип русла, ландшафтно-геоморфологическое картографирование, пространственная структура, динамика геосистем.

Yu.V. VANTEEVA*, M.Yu. OPEKUNOVA*, **, V.A. GOLUBTSOV*

*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, ula.vant@mail.ru, opek@mail.ru, tea_88@inbox.ru

**Irkutsk State National Research Technical University,
664074, Irkutsk, ul. Lermontova, 83, Russia, opek@mail.ru

LANDSCAPE-GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF FLOODPLAIN GEOSYSTEMS OF THE KITOY RIVER

Fluvial processes play an important role in the transformation of the relief in the Fore-Baikal region. The structure of valley geosystems is one of the important indicators of the dynamic state of fluvial systems. Nevertheless, insufficient attention is paid to the its study in the Fore-Baikal region. The large-scale mapping of the valley geosystems of the Kitoy River in different geodynamic settings was carried out based on the data of complex field works and orthophotography made using UAVs. The features of their spatial structure and dynamics were analyzed. As a result of the study, it has been found that the geomorphologic structure of the territory, which determines the rate of channel deformations and the intensity of slope processes, has a significant impact on the development of valley geosystems and their spatial structure. The section of the Kitoy River valley, which is formed in the flat part of the basin, is characterized by the most complex structure. In the mountainous part of the river basin, there is a fragmented development of individual morphological elements of the valley and lower diversity of elementary geosystems. Based on the results of the analysis of successional changes in the soil-vegetation cover on different morphological elements of the valley, the main stages in the development of the valley geosystems were determined, and the quantitative characteristics of the main indicators of the development stages of floodplain generations and their dynamic state were obtained. For geosystems of the low and middle floodplain of the Kitoy River valley, fluvial processes are the leading factor in the formation of their spatial structure and dynamics, with the exception of the high mountain part of the basin, where they are smoothed out by cryogenesis processes. The

series of successional changes in the soil-vegetation cover on these morphological elements are identical almost throughout the entire length of the valley. Geosystems of high floodplains and low terraces, formed under conditions of weakened influence of fluvial processes, have more pronounced features of mountain and piedmont taiga, depending on the change in altitudinal belts.

Keywords: *floodplain-channel complex, morphodynamic type of channel, landscape-geomorphologic mapping, spatial structure, dynamic of geosystems.*

ВВЕДЕНИЕ

Исследования особенностей развития речных долин, морфодинамики русел и факторов их формирования в различных природных условиях являются одной из актуальных задач современной флювиальной геоморфологии [1–5].

Определение этапов развития речных долин и особенностей их пространственной структуры в разных геоморфологических условиях позволяет выявить пространственно-временные закономерности развития рельефа территории в целом. Структура долинных геосистем тесно сопряжена со строением и типом пойменно-русловых комплексов. При этом биотическая составляющая, в частности растительность, является важным индикатором динамического состояния флювиальных систем [3, 6]. Таким образом, выявление структурных черт долинных геосистем позволяет определить стадийность развития пойменно-русловых комплексов и дает более детальную информацию о динамике флювиальных систем на участках с разными геодинамическими условиями. Определение механизмов флювиального рельефообразования, выявление скоростей трансформации и динамики микрорельефа морфологических элементов долин во время экстремальных гидрологических явлений имеет важное практическое значение для организации рационального природопользования и прогнозирования развития опасных процессов. В связи с участившимися проявлениями катастрофических паводков на левобережных притоках р. Ангара [7–9] такие исследования становятся особенно актуальными для хозяйственно освоенных территорий Приангарья.

Китой — один из крупных притоков р. Ангара, длина реки — 316 км, площадь водосборного бассейна — 9190 км² [10]. Китой берет начало в горно-котловинной части Восточного Саяна, пересекает ряд разнородных поверхностей, проходя территории от области горообразования к равнинно-платформенной [11], что обуславливает высокое разнообразие морфодинамических типов пойменно-русловых комплексов. Равнинная часть бассейна подвергается довольно длительному антропогенному воздействию [12].

Цель данного исследования — выявление структуры, особенностей динамики и стадий развития долинных геосистем р. Китой в различных ландшафтно-геоморфологических условиях.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Район исследования охватывает территории верхнего и среднего течения р. Китой — от высокогорно-среднегорной до низкогорно-предгорного частей бассейна, характеризующихся высокой неотектонической активностью [11]. Большая часть территории в верхнем и среднем течении сложена комплексами интрузивных и метаморфизованных комплексов архейского и протерозойского возрастов. В нижнем течении получили распространение кембрийские доломиты, обширные площади песков, галечников, глин четвертичного возраста, выполняющих зону молодых опусканий [13, 14].

В климатическом отношении территория исследования в высокогорно-среднегорной части характеризуется избыточным увлажнением, холодным летом и умеренно сухой снежной зимой, в низкогорно-предгорной — оптимальным увлажнением, умеренно теплым летом и умеренно сухой снежной зимой [11].

По данным метеостанции Дабады [15], расположенной в среднегорной части бассейна, за период наблюдений с 1954 по 2021 г. среднегодовая температура воздуха варьировала от 0 до $-4,6^{\circ}\text{C}$. Средняя величина за многолетний период составила -2°C , средняя температура января достигала $-21,6^{\circ}\text{C}$, июля — $16,2^{\circ}\text{C}$. Распределение осадков по территории неравномерно и во многом определяется высотой местности и ориентацией склонов. Среднегодовое количество осадков — 706 мм с максимумами в летний период, однако в 2020–2021 гг. наблюдалось увеличение годового количества осадков до 1032–1377 мм [15]. При переходе от предгорной части Восточного Саяна к Иркутско-Черемховской равнине количество осадков снижается до 400 мм/год [16]. Высота снежного покрова также неравномерна: от 60–80 см в горах до 20–40 см на равнине [17], продолжительность залегания в горной части бассейна достигает 200–250 дней в году. Максимальные запасы воды в снежном по-

крове формируются в конце марта—начале апреля и варьируют от 600—800 мм в высокогорной части бассейна до 50—100 мм в низкогорно-предгорной [11, 18].

Водный режим р. Китой характеризуется преобладанием дождевых паводков в теплый период года. Половодье в верховьях почти не выражено, по мере движения вниз по течению роль дождевых паводков снижается и одновременно увеличивается роль весеннего половодья [7]. Наиболее многоводные месяцы — июнь и август. Питание реки главным образом дождевое (40—60 %) [19].

Горная часть территории исследования расположена в области сплошного и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород, предгорно-равнинная часть бассейна р. Китой характеризуется островным и редкоостровным распространением многолетнемерзлых пород [11, 18].

Структура ландшафтного покрова бассейна р. Китой довольно неоднородна и формируется под воздействием как высотно-поясных закономерностей, так и локальных факторов, связанных с орографическими эффектами (барьерный, экспозиционный), распространением мерзлоты, составом и генезисом четвертичных отложений.

По данным [20—22], в высокогорно-котловинной части бассейна р. Китой распространены гольцовые щебнистые и лишайниково-дриадовые тундры, подгольцовые кустарниковые ивняки в сочетании с высокотравными лугами, подгольцовые лиственничные ерниково-лишайниковые и бруснично-рододендровые редколесья. Б.-Ц.Б. Намзаловым и др. [22] отмечаются фрагменты криофитной лесостепи. Днища трогов заняты зарослями рододендрона Адамса (*Rhododendron adamsii* Rehder) в сочетании с луговинными тундрами. Среди почв наибольшее распространение получили петроземы, литоземы, в относительно пониженных элементах рельефа — криоземы, торфяно-криоземы, торфяно-подбуры глеевые и т. п. [21]. Высокогорно-среднегорная часть бассейна занята горно-таежными лиственничными, кедровыми и пихтово-кедровыми кустарниково-зеленомошными лесами на подбурах, дерново-подбурах, подзолистых и дерново-подзолистых почвах. Под темнохвойными лесами встречаются буровозмы грубогумусовые [23]. В низкогорно-предгорной части бассейна темнохвойная тайга смениается горно-таежными и подтаежными сосновыми рододендрово-бруснично-разнотравными и травяными лесами преимущественно на серых метаморфических почвах [18, 21, 23]. Также вследствие антропогенных нарушений и лесных пожаров значительное распространение получили вторичные лиственнично-сосновые и осиново-березовые леса [17].

Анализ опубликованных материалов показал, что структура долинных геосистем р. Китой слабо изучена. По данным Н.С. Беркина и др. [17], в долине отмечается распространение сосновых, лиственнично-сосновых и лиственнично-березовых травяных лесов. На карте ландшафтов Верхнего Приангарья м-ба 1:500 000 [11] показано, что в среднем течении р. Китой поймы заняты еловыми с лиственицей и кедром кустарниками травяно-зеленомошными заболоченными лесами, в нижнем течении — преимущественно кустарниково-осоково-моховыми болотами. В переходной зоне от предгорий к равнине отмечается развитие подгорно-долинных елово-кедрово-лиственничных кустарниковово-осоково-моховых лесов. Почвы в долине р. Китой представлены аллювиальными серогумусовыми, темногумусовыми перегнойно-глеевыми, торфяно (минерально)-глеевыми и т. п. [12, 21].

Для исследования выбраны ключевые участки, характеризующие высокогорную, среднегорную и низкогорно-предгорную части бассейна р. Китой (рис. 1). Первый ключевой участок Побочень—Верхний Китой расположен в Ильчиро-Китайской котловине (юго-восточная оконечность Окинского плоскогорья), в месте слияния рек Улзыта и Самарта. Абсолютные высоты варьируют от 1860—1900 м в долине до 2500 м на ближайшем водоразделе. Второй ключевой участок — Дабады — находится в районе средних гор ступенчато-сводового поднятия Восточного Саяна, у подножия горы Уныман-Барон, с перепадами высот 710—820 м (до 1280 м на ближайшем водоразделе). Третий участок — Прижим — с высотами от 610 до 780 м (830 м на ближайшем водоразделе) расположен в районе предгорий с округлыми вершинами, где в р. Китой впадает приток Алангар. Четвертый участок — Раздолье — расположен на контакте предгорий Восточного Саяна (низкая морфоструктурная ступень) и Предсаянской впадины с равнинами и плато (Иркутско-Черемховская равнина), в месте впадения в Китой р. Большая Черемшанка, с перепадами высот 500—520 м (до 730 м на ближайшем водоразделе).

В полевые сезоны 2022—2023 гг. на ключевых участках проводились комплексные ландшафтно-геоморфологические описания. Трансекты закладывались с учетом охвата всех основных морфологических элементов днища долины реки. Размеры тестовых площадок варьировали в зависимости от ширины морфологических элементов: от 15 × 15 до 5 × 5 м (для низкопойменных и прирусловых участков). Осуществлялась координатная привязка площадок, фиксировались форма рельефа, ее высота и протяженность, крутизна склонов и экспозиция, характер микрорельефа, экзогенные процессы, тип растительного сообщества, ярусная структура и видовой состав растительности, оценка обще-

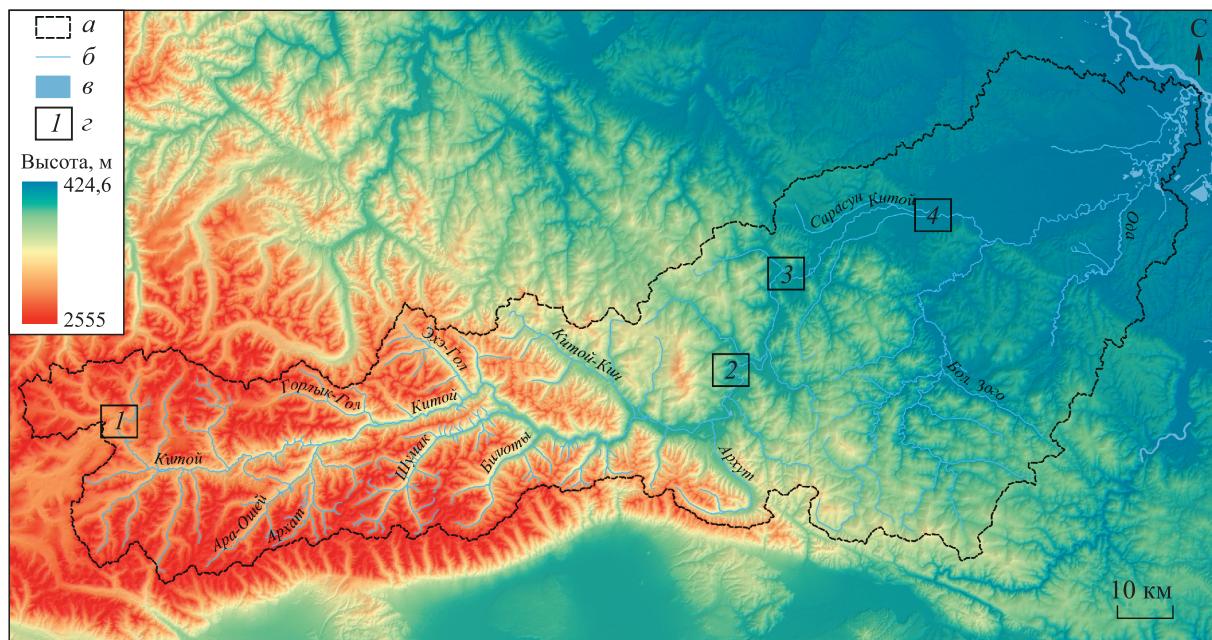


Рис. 1. Расположение ключевых участков исследования.

а — границы водосборного бассейна р. Китой; *б* — реки; *в* — крупные реки и водоемы; *г* — ключевые участки исследования: 1 — Побочень — Верхний Китой, 2 — Дабады, 3 — Прижим, 4 — Раздолье. Подложка — цифровая модель рельефа SRTM [24], пространственное разрешение 30 м.

го проективного покрытия по ярусам и отдельным видам, морфогенетические свойства почв (мощность горизонтов, механический состав, цвет, структура), тип и степень антропогенного воздействия. Выполнено более 20 описаний.

На основе данных съемки БПЛА (DJI PHANTOM4 Pro, Mavic Pro) составлены ортофотомозаики и цифровые модели местностей (ЦММ) ключевых участков исследований. Весь собранный материал интегрировался путем создания базы данных в МО Excel и инструментами программы QGIS. По данным полевых исследований, составленным ортофотомозаикам, ЦММ и высокодетальным разновременным снимкам в виде WMS-слоев с онлайн-сервисов Google Satellite, Bing Satellite, Yandex Satellite выполнено ручное дешифрирование основных элементов долинных геосистем, проведена их типизация и составлены ландшафтно-геоморфологические карты ключевых участков. Рабочая проекция — универсальная поперечная Меркатора (UTM), зоны 47–48N, на эллипсоиде WGS-84. Масштаб проработки составил 1:2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевой участок Побочень—Верхний Китой (высокогорно-котловинная часть бассейна). Верховья долины р. Китой формируются в условиях холмисто-моренного рельефа Ильчиро-Китайской котловины, сложенного валунно-глыбовым материалом. Территория ранее подвергалась значительному ледниковому воздействию [25], в настоящее время наибольшее влияние оказывает криогенный фактор. Рельефообразующие процессы представлены морозобойным растрескиванием, термокарстом, солифлюкцией.

Северо-западная часть котловины дренируется реками Самарта, Улзыта, Китой. Долина здесь представлена поймами высотой до 1–2 м, часто заболоченными, фрагментарно выраженной первой террасой высотой до 4 м. Морфодинамический тип русла на ключевом участке разветвленно-извилистый, с прямолинейными вставками, пойма высотой 0,5–1 м проточно-островного и ложбинно-островного типов. Уступ интенсивно моделируется процессами речной боковой термоэрозии. На наклонных поверхностях поймы проявляется солифлюкционный микрорельеф.

В результате ландшафтно-геоморфологического анализа (рис. 2) выявлено, что прирусловая пойма здесь представлена относительно стабильной поверхностью, на которой слабо выражены сукцес-

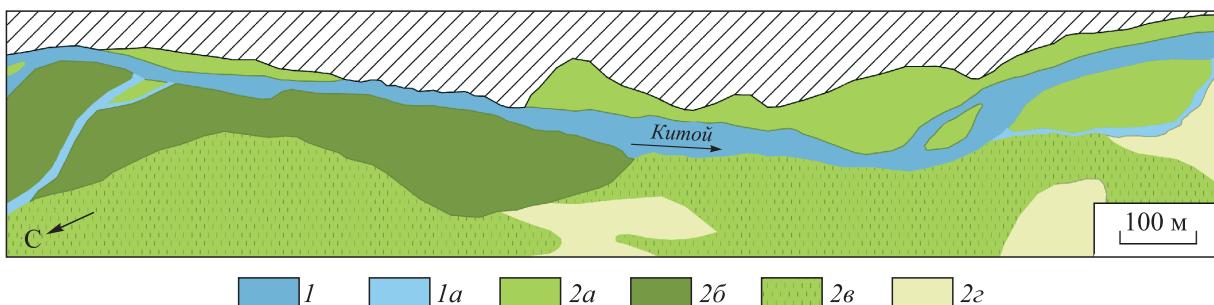


Рис. 2. Долинные геосистемы верховий р. Китой, ключевой участок Побочень–Верхний Китой.

Элементы долинных геосистем. 1 — основное русло реки; 1а — пойменные протоки. Прирусловая пойма проточно-островного типа: 2а — с плотными группировками кустарников (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb., *Salix saposhnikovii* A.K. Skvortsov, *Caragana jubata*, *Rhododendron parvifolium*) осоково-разнотравно-злаковыми (*Carex coriophora* Fisch. & C.A. Mey. ex Kunth, *Angelica tenuifolia* (Pall. ex Spreng.) Pimenov, *Ptilagrostis mongholica*), местами заболоченная на аллювиальных темногумусовых почвах на валунно-галечных аллювиальных отложениях; 2б — относительно стабильная поверхность с разреженным лиственничником кустарниковым (*Dasiphora fruticosa*, *Betula exilis*, *Spiraea alpina*, *Rhododendron parvifolium*, *Caragana jubata*) разнотравно-осоково-злаково-зеленомошным (*Hedysarum inundatum* Turcz., *Carex* spp., *Ptilagrostis mongholica*) на аллювиальных темногумусовых почвах на валунно-галечных аллювиальных отложениях; 2в — техногенно-нарушенная с фрагментированными плотными группировками кустарников (*Dasiphora fruticosa*, *Rhododendron parvifolium*, *Betula exilis*, *Spiraea alpina*) осоково-разнотравно-злаковыми местами заболоченная; 2г — техногенно-нарушенная с осоково-разнотравно-злаковыми луговинами с редкими кустарниками. Штриховкой на карте обозначен коренной склон.

сионные смены растительности, обусловленные флювиальными процессами рельефообразования. Долинные геосистемы на данной территории формируются в большей степени под воздействием высотной поясности и процессов криогенеза, несмотря на накопление флювиогляциальных отложений. Об этом свидетельствует развитие на участках прирусловой поймы плотных группировок кустарников (проективное покрытие 70–80 %), представленных горно-тундровыми видами (распространенными по всему днищу котловины): березой тощей (*Betula exilis* Sukaczev), караганой гравестой (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.), рододендроном мелколистным (*Rhododendron parvifolium* Adams), спиреей альпийской (*Spiraea alpina* Pall.), осоково-разнотравно-злаковых (проективное покрытие 50–60 %), часто с доминированием ковылеки монгольского (*Ptilagrostis mongholica* (Turcz. ex Trin.) Griseb.) в сочетании с подгольцовыми приспевающими лиственничными кустарниково-зеленомошными редколесьями (проективное покрытие *Larix sibirica* Ledeb. 10 %, подлеска — 60–70 %).

Почвы формируются аллювиальные темногумусовые с довольно развитым гумусовым горизонтом (мощностью до 12 см). Однако в условиях развития мерзлотных процессов местами отмечается заболачивание. Также на территории исследования расположено несколько карьеров по добыче стройматериалов, развита дорожная сеть. Все эти факторы способствовали фрагментации почвенно-растительного покрова и активизации термоэрзационных процессов.

Ключевые участки Дабады (среднегорная часть бассейна) и Прижим (предгорная). Долина р. Китой в среднегорной и предгорной части бассейна формируется в условиях эрозионно-тектонического рельефа, нарушенного многочисленными тектоническими разрывными дислокациями. Рекой здесь пересекается блок земной коры, ограниченный зоной Главного Саянского разлома и системой разрывных дислокаций типа «конский хвост» (устье р. Холомхи) [26]. Спектр экзогенных процессов представлен преимущественно криптом, фитогенными, флювиальными, гравитационно-склоновыми процессами в уступах пойм, террас, береговых склонах.

Оба ключевых участка характеризуются более развитой, в отличие от горно-котловинной части, структурой долинных геосистем. Участок Дабады охватывает верхнее крыло вписанной сложно построенной асимметричной излучины прямоугольной формы. Морфодинамический тип русла определяется здесь как сочетание врезанного и адаптированного. Прижим расположен в зоне смены морфодинамических типов русла: участки пойменно-русловых разветвлений соединены участком относительно прямолинейного неразветвленного русла. Разветвленные отрезки русла характеризуются ложбинно-островными и проточно-островными типами пойм.

На обоих участках выделяются следующие морфологические элементы: сложнопостроенная поверхность пойменного массива, состоящего из низкой, средней, высокой поймы, и комплекс террас (однако в границы участка Прижим террасы не попали).

Низкая пойма высотой 0,5–1 м (на участке Прижим — 0,4–0,8 м) проточно-островного типа образуется путем причленения побочней к уступам вышележащих поверхностей, что обусловливает развитие грядово-ложбинного рельефа с грядами высотой до 0,5 м и ложбинами шириной 1,5–2 м, глубиной до 0,5 м. В пределах обоих ключевых участков низкая пойма сочленяется с поверхностью высокой поймы (высота от уреза 2,6 м) хорошо выраженным уступом высотой 1,5 м.

Средняя пойма высотой до 2 м грависто-островного типа представлена фрагментарно. На участке Дабады она сформировалась при взаимодействии проток р. Кункуйской и основного русла р. Китой, на участке Прижим — протоками р. Китой.

Высокая пойма занимает поверхности высотой 2,6–4 м. Микрорельеф высокой поймы на участке Дабады выражен неярко, слажен процессами седиментации, а на участке Прижим, напротив, хорошо выражен и представлен сочетанием системы ложбин до 2 м шириной и 0,5 м глубиной.

Террасы плейстоцен-голоценового возраста с высотами от 6–7 м до 40 м (пятая терраса), сложенные преимущественно валунно-галечным материалом, представлены фрагментарно.

Ландшафтно-геоморфологический анализ данных ключевых участков позволил выявить основные этапы развития долинных геосистем и серию сукцессионных смен почвенно-растительного покрова на морфологических элементах долины, формирующихся под воздействием флювиальных процессов (рис. 3).

На низкой пойме в зависимости от интенсивности взаимодействия с руслом выделяются наиболее молодые и динамичные поверхности, которые активно взаимодействуют с паводковыми водами, затекающими по ложбинам и затопляющими прирусловые поверхности сверху, и относительно стабильные участки более зрелой поймы, которые также подвергаются затоплениям, но менее интенсивно.

Самые динамичные участки характеризуются практически полным отсутствием почвенно-растительного покрова (см. рис. 3). По мере снижения интенсивности взаимодействия с руслом формируются разомкнутые группировки пионерной растительности, приспособленной к периодическим затоплениям, с общим проективным покрытием 20–25 % и покрытием травянистого яруса около 5 % при полном отсутствии органогенных почвенных горизонтов. В среднегорной части долины (участок Дабады) основными пионерами выступают ива мелкосережчатая (*Salix microstachya* Turcz. ex Trautv.), ива крушинолистная (*S. rhamnifolia* Pall.), мирикария длиннолистная (*Myricaria longifolia* (Willd.) Ehrenb.); в предгорной (участок Прижим), помимо перечисленных выше видов, — облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.), тополь лавролистный (*Populus laurifolia* Ledeb.). На более стабильных поверхностях проективное покрытие кустарниковых ассоциаций возрастает до 40–60 %, травянистого яруса — до 10 %, фрагментарно наблюдаются первичные признаки почвообразования.

При выходе поверхности из ежегодного контакта с паводковыми водами (средняя пойма) происходят сукцессионные изменения, и кустарниковые ассоциации постепенно замещаются молодым подростом лиственницы сибирской, сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), тополя лавролистного с проективным покрытием 20–30 %, под которым формируются молодые маломощные аллювиальные гумусовые почвы.

При переходе к более устойчивым поверхностям — высокой пойме и низким террасам, где влияние флювиальных процессов значительно ослабевает, в условиях горной тайги наблюдается развитие молодых и средневозрастных лиственнично-сосновых лесов с примесью ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), представленных в среднегорной части долины (Дабады) можжевелово-бруснично-зеленомошной серией, в предгорной (Прижим) — кустарниково-разнотравной и разнотравно-злаковой серией. Фрагментарно, на участках островной поймы, встречаются елово-лиственничные леса. Проективное покрытие древесного яруса варьирует от 10 % (в молодых насаждениях) до 55 % (в средневозрастных и спелых), кустарникового — составляет 50–60 %, травянисто-кустарникового — 25–35 %. Моховый покров хорошо развит только в среднегорной части долины (проективное покрытие 95–100 %). В условиях периодического поступления наносов здесь развиваются аллювиальные гумусовые (дерновые) и аллювиальные серогумусовые почвы разной мощности.

Ключевой участок Раздолье (равнинная часть бассейна). Рельеф на данном участке исследования представляет собой сочетание низкогорного плосковерхого и равнинного пологохолмистого типов. Спектр экзогенных процессов аналогичен таковым в среднегорной и предгорной частях исследуемой территории, однако динамика процессов ввиду меньшей энергии рельефа ниже. В структуре экзогенного рельефообразования ведущую роль играют флювиальные и техногенные (антропогенные) процессы.

Долина р. Китой в равнинной части характеризуется самой развитой и сложнопостроенной структурой (рис. 4) по сравнению с районами, рассмотренными ранее. Морфодинамический тип русла

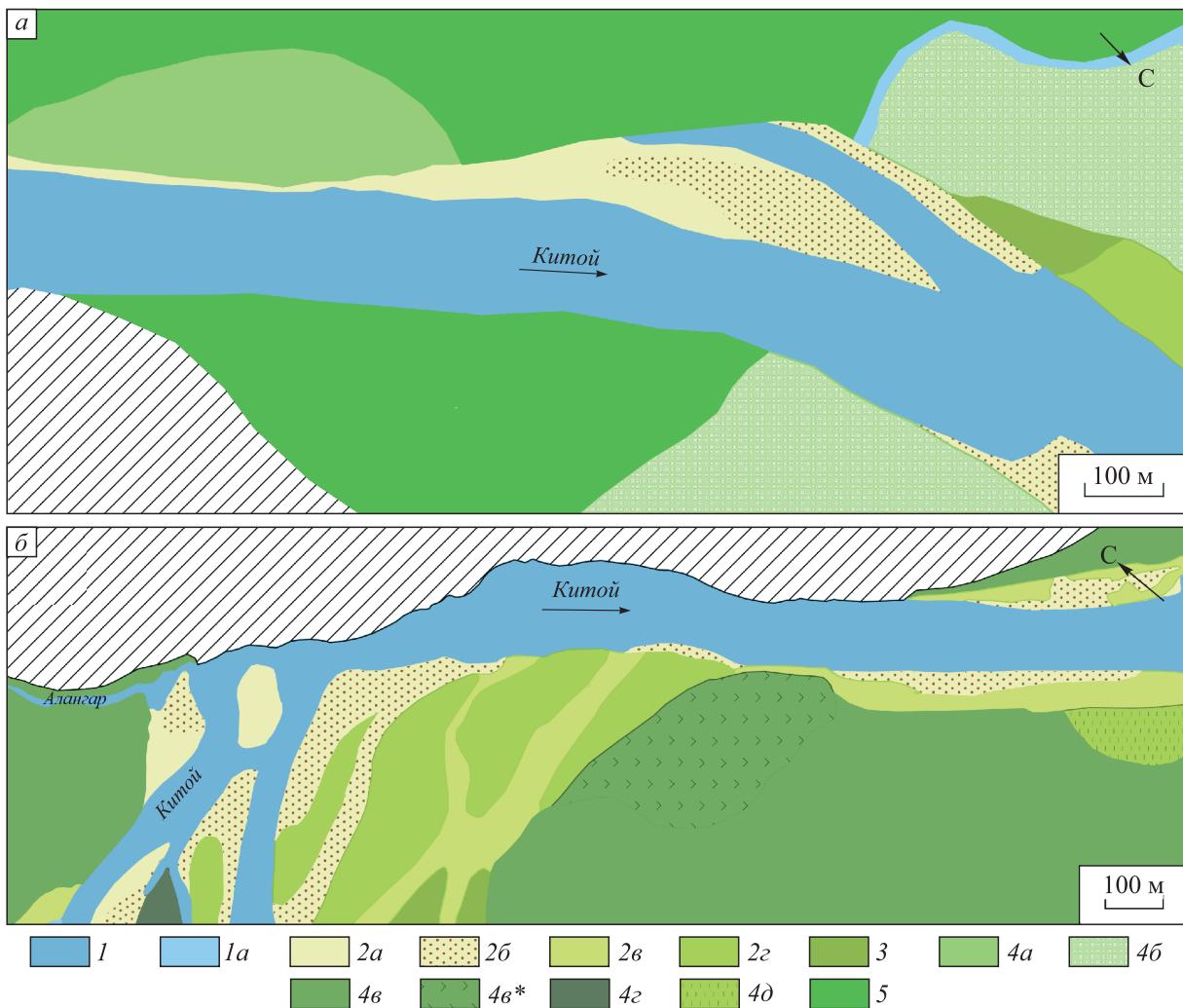


Рис. 3. Долинные геосистемы р. Китой.

Ключевые участки: *a* — Дабады, *б* — Прижим. 1 — основное русло реки; 1а — пойменные протоки. Низкая пойма грависто-ложбинного и проточно-островного типов: 2а — активно взаимодействующая с руслом поверхность валунно-галечниковая с редкими ивами (*Salix microstachya*, *S. rhamnifolia*) и единичными злаками (*Festuca rubra* L., *Agrostis gigantean* Roth); 2б — активно взаимодействующая с руслом поверхность с разомкнутыми пионерными группировками ив (*Salix* spp.), мирикарии длиннолистной с подростом тополя лавролистного, редкими группировками хвоща пестрого (*Hippochaete variegata* (Schleich. ex Weber & Mohr) Brühn) и злаков (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Festuca rubra*, *Agrostis gigantea*) на валунно-галечно-песчаном аллювии; 2г — относительно стабильная поверхность с молодыми тополево-ивовыми и ивово-облепиховыми (*Salix* spp., *Hippophae rhamnoides*) группировками с всходами сосны обыкновенной и редким участием трав (*Galatella dahurica* DC., *Artemisia monostachya* Bunge ex Maxim., *Gentianopsis barbata* (Froel.) Ma) на валунно-галечно-песчаном аллювии; 2е — относительно стабильная поверхность проточно-островного типа с подростом тополя лавролистного, сосны обыкновенной и лиственницы сибирской в сочетании с группировками кустарников (*Salix* spp., *Hippophae rhamnoides*) и редким участием трав на валунно-галечно-песчаном аллювии с первичными признаками почвообразования (псаммоzemы гумусовые). 3 — средняя пойма проточно-островного типа с молодыми лиственнично-сосненными группировками в сочетании с тополево-ивовыми кустарниками зарослями с разреженным травянистым покровом (*Calamagrostis epigeios*, *Agrostis gigantean*, *Galatella dahurica*) на аллювиальных гумусовых (дерновых) почвах. Высокая пойма ложбинно-островного типа: 4а — с разреженным молодым лиственнично-сосненным можжевеловым (*Juniperus communis* L.) бруснично-зеленомошным (*Vaccinium vitis-idaea* L., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.) лесом на аллювиальных гумусовых (дерновых) почвах; 4б — с лиственнично-сосненным с елью сибирской можжевеловым бруснично-зеленомошным лесом на аллювиальных гумусовых (дерновых) почвах; 4в — с сосновым с примесью лиственницы сибирской, тополя лавролистного и подростом ели сибирской кустарниковым (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, *Rosa acicularis* Lindl.) разнотравно-злаковым (*Rubus saxatilis* L., *Galium boreale* L., *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv.) лесом местами антропогенно-нарушенным

на аллювиальных серогумусовых почвах; 4б* — застраивающая гарь; 4г — с елово-лиственничным с примесью сосны обыкновенной кустарниково-разнотравным лесом на аллювиальных серогумусовых почвах; 4д — старичное понижение с луговой растительностью и разреженными кустарниками местами заболоченное антропогенно-нарушенное. 5 — первая терраса с полого-волнистым рельефом с лиственнично-сосновым с примесью ели сибирской и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) кустарниковым (*Juniperus communis*, *Ledum palustre* L.) бруслично-зелено-мошным лесом на аллювиальных гумусовых (дерновых) почвах. Штриховкой на карте обозначен коренной склон.

здесь широкопойменный разветвленно-извилистый с пойменными разветвлениями — одиночными простыми и сложными.

Низкая пойма представлена сочетанием гривисто-ложбинного и проточно-островного типов высотой до 1,5 м. Гривисто-ложбинный тип формируется в прирусловых частях шпор сегментных излучин, проточно-островной характерен для островных пойм.

Средняя пойма проточно-островного и ложбинно-островного типов высотой до 2 м причленяется к поверхности низкой поймы слаженным уступом, распространена между основным руслом и второстепенными пойменными протоками. Поверхность поймы нарушена отмершими протоками или ложбинами с хорошо выраженным уступами. Глубина таких проток — до 2 м, ширина — до 5 м. Устьевые части проток часто блокированы древесным мусором (плавником), выше по течению происходит аккумуляция наносов. Следы размывов, вероятно, приурочены к участкам с временной блокировкой проток во время паводков.

Высокая пойма ложбинно-островного типа высотой до 4 м занимает наиболее удаленные от русла участки, местами причленяется к вершинам излучин. По данным мониторинговых наблюдений, средние скорости отступания береговой бровки достигают 0,5 м в год.

Низкая пойма, как и в среднегорной и предгорной частях долины, представлена молодыми и динамичными поверхностями, активно взаимодействующими с паводковыми водами, а также более стабильными участками, затапливаемыми менее интенсивно (см. рис. 4). Стадии зарастания этих поверхностей аналогичны рассмотренным ранее участкам Дабады и Прижим, однако здесь увеличивается доля участия облепихи крушиновидной и сосны обыкновенной.

Наибольшим разнообразием элементарных геосистем на данном участке долины отличается средняя пойма за счет довольно развитой системы проток и ложбин, осложненной в южной части исследуемой территории р. Большая Черемшанка, впадающей в Китой (см. рис. 4).

Периодически работающие протоки, местами размывающие поверхность средней поймы, зарастают фрагментированными группировками кустарников с доминированием облепихи крушинолистной (проективное покрытие крайне неравномерное, может достигать 70 %) и редким участием трав, признаки почвообразования отсутствуют. Ложбины, вышедшие из режима периодического затопления, густо застают подростом сосны обыкновенной, однако на участках, взаимодействующих с р. Большая Черемшанка, он сменяется облепихово-ивовыми зарослями, местами заболоченными. На островных участках средней поймы развиваются молодые и, по мере удаления от русла, средневозрастные и приспевающие сосново-можжевеловые (часто с примесью березы повислой и тополя лавролистного) разнотравно-злаковые и хвошово-злаковые леса на маломощных псаммоземах гумусовых, подстилающихся аллювиальными темногумусовыми почвами. Проективное покрытие древесного яруса очень неравномерное за счет антропогенных нарушений (рубок, неконтролируемой дорожной сети), у кустарникового яруса может варьировать от 10 до 60 %, у травянистого — от 30 до 60 %. Фрагментарно развивается моховый покров (7–10 %).

На высокой пойме, как и на участке Прижим, развиты сосново-можжевеловые леса за счет накопления супесчано-песчаных аллювиальных отложений, однако в зоне распространения подтаежных геосистем они представлены разнотравно- и осоково-злаковыми сериями, местами зелено-мошными. Из древостоя полностью выпадает лиственница сибирская и ель сибирская. В травянистом ярусе доминантом выступает коротконожка перистая (*Brachypodium pinnatum*). Проективное покрытие растительности значительно возрастает: у древесного яруса — до 50–60 %, у травянистого — до 60 %. Почвы формируются преимущественно аллювиальные гумусовые (дерновые) разной степени развитости, мощность органогенных горизонтов дневных почв может достигать 20 см и более. Отмечается значительная преобразованность отдельных участков высокой поймы вследствие развития селитебных территорий, сельскохозяйственной деятельности, рубок и лесных пожаров.

Проведенный ландшафтно-геоморфологический анализ долинных геосистем р. Китой в разных геоморфологических условиях показал, что пространственная дифференциация растительности, их

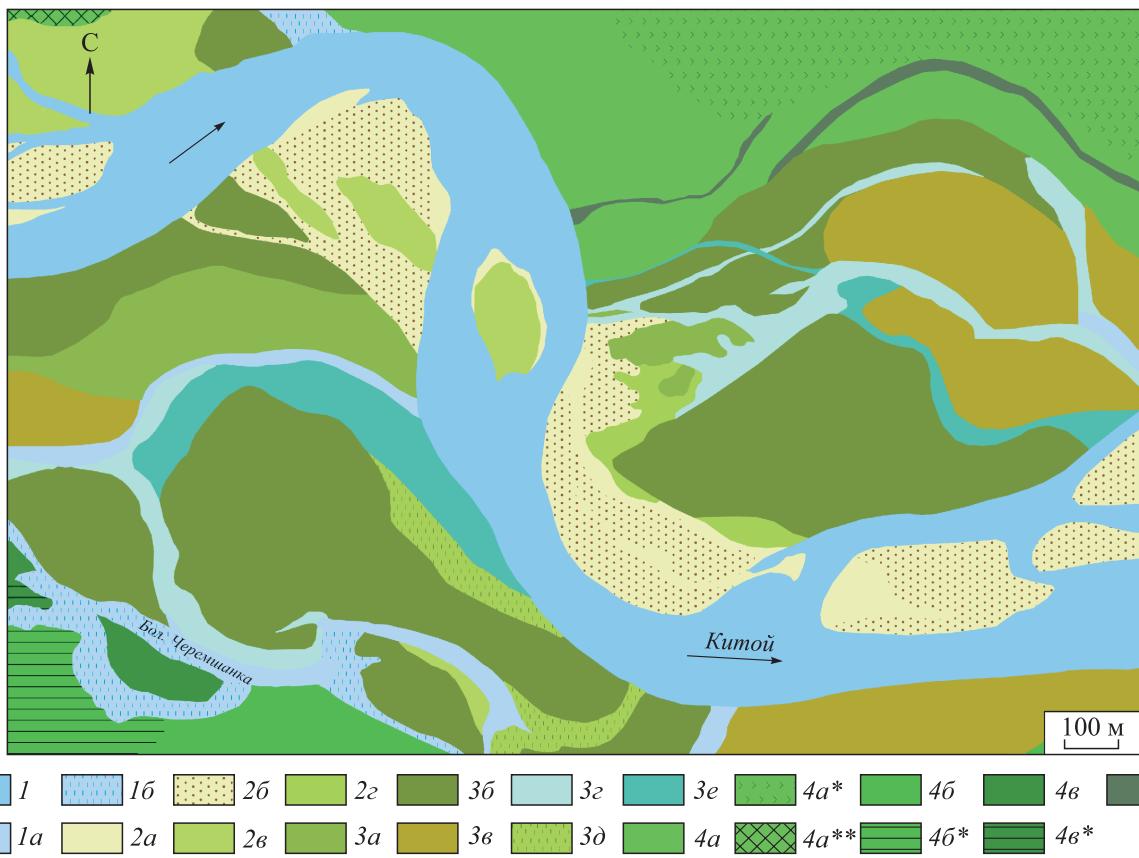


Рис. 4. Долинные геосистемы р. Китой, ключевой участок Раздолье.

1 — основное русло реки; 1а — пойменные протоки; 1б — протоки, зарастающие группировками ив (*Salix* spp.), бересклетом и тополя лавролистного на валунно-галечно-песчаном аллювии, местами заболоченные. Низкая пойма грависто-ложбинного и проточно-островного типов: 2а — активно взаимодействующая с руслом поверхность валунно-галечниковая с редкими пионерными кустарниками (*Hippophae rhamnoides*, *Salix microstachya*, *S. rhamnifolia*) и единичными травами (*Festuca rubra*, *Oxytropis coerulea* (Pall.) DC., *Astragalus bifidus* Turcz.); 2б — активно взаимодействующая с руслом поверхность с разомкнутыми пионерными группировками облепихи крушиновидной, ив (*Salix microstachya*, *S. rhamnifolia*), мирикарии длиннолистной, подростом тополя лавролистного и редким участием трав (*Galatella dahurica*, *Artemisia monostachya*, *Gentianopsis barbata*) на валунно-галечно-песчаном аллювии; 2в — относительно стабильная поверхность с плотными молодыми ивово-облепиховыми группировками с подростом сосны обыкновенной, тополя лавролистного с примесью можжевельника обыкновенного и редким участием трав на валунно-галечно-песчаном аллювии с первичными признаками почвообразования; 2г — относительно стабильная поверхность с плотным молодым подростом сосны обыкновенной с примесью тополя лавролистного разнотравно-бобовым (*Pyrola asarifolia* Michx., *Oxytropis coerulea*) на валунно-галечно-песчаном аллювии с первичными признаками почвообразования. Средняя пойма проточно-островного и ложбинно-островного типов: 3а — с плотными группировками кустарников (*Hippophae rhamnoides*, *Salix* spp., *Myricaria longifolia*) в сочетании с тополево-сосновым подростом с редким участием трав (*Oxytropis coerulea*, *Anemone sylvestris* L.); 3б — с сосново-можжевеловым с примесью бересклета повислой (*Betula pendula* Roth) и тополя лавролистного разнотравно-злаковым (*Rubus saxatilis*, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Brachypodium pinnatum*) местами разреженным лесом на пясмоzemах гумусовых, подстилающихся аллювиальными темногумусовыми почвами; 3в — с сосново-можжевеловым с примесью тополя лавролистного и ольховника кустарникового (*Duschekia fruticosa*) хвощево-злаковым (*Equisetum hyemale* L., *Brachypodium pinnatum*) с пятнами мха (*Hylocomium splendens*) лесом на пясмоzemах гумусовых, подстилающихся аллювиальными темногумусовыми почвами; 3г — периодически работающие протоки, местами размытые, с плотными группировками облепихи крушинолистной, молодым подростом тополя лавролистного и сосны обыкновенной и редким участием трав (*Oxytropis coerulea*, *Artemisia monostachya*) на валунно-галечно-песчаном аллювии; 3д — ложбины с плотными группировками кустарников (*Salix* spp., *Hippophae rhamnoides*) травянистые, местами заболоченные; 3е — ложбины с молодым сосновым с густым подлеском (*Juniperus communis*, *Salix* spp., *Hippophae rhamnoides*) лесом на пясмоzemах гумусовых. Высокая пойма ложбинно-островного типа: 4а — с сосново-можжевеловым с примесью тополя лавролистного и бересклета повислой осоково-разнотравно-злаковым (*Carex alba* Scop., *Rubus saxatilis*, *Brachypodium pinnatum*) лесом на аллювиальных перегнойно-глеевых почвах; 4а* — зарастающая гарь; 4а** — садово-огороднические участки;

4б — с сосново-можжевеловым злаково-разнотравно-зеленомошным (*Rubus saxatilis*, *Brachypodium pinnatum*, *Pleurozium schreberi*) лесом на аллювиальных гумусовых (дерновых) почвах; 4б* — сельскохозяйственные земли; 4в — с березово-сосновым с примесью тополя лавролистного и редким подлеском (*Rosa acicularis*, *Padus avium* Mill.) осоково-разнотравно-злаковым (*Rubus saxatilis*, *Carex alba*, *Brachypodium pinnatum*) местами зеленомошным (*Pleurozium schreberi*) лесом на темногумусовых полигенетических почвах; 4в* — сельскохозяйственные земли; 4г — ложбины с тополевником черемухово-ивовым с подростом сосны обыкновенной злаково-осоково-хвощевым на аллювиальных гумусовых (дерновых) почвах.

Таблица 1
Характеристика пойменных генераций верховий долины р. Китой по степени динамичности

Индикатор	Прирусловая пойма		
	активно взаимодействующая с руслом	стабильная	относительно стабильная
Проективное покрытие по ярусам, %	древесный кустарниковый травяно-кустарничковый	+	+
		60–70 0,5	70–80 50–60
Мощность органопрофиля горизонтов дневных почв, см		0	>10
			>5

Примечание. Здесь и в табл. 2: «+» — проективное покрытие не более 0,1 %.

Таблица 2
Характеристика пойменных генераций долины р. Китой по степени динамичности в среднегорно-предгорной и равнинной частях бассейна

Индикатор	Низкая пойма (неустойчивая)				Средняя пойма	Высокая пойма
	самая динамичная, активно взаимодействующая с руслом	динамичная, активно взаимодействующая с руслом	относительно стабильная, менее активно взаимодействующая с руслом	относительно стабильная, слабо-взаимодействующая с руслом		
Проективное покрытие по ярусам, %	древесный кустарниковый травяно-кустарничковый	0 0,5 +	0 15–30 ≤5	0 40–60 5–10	3–5 40–70 10–20	20–30 10–60 30–60
Мощность органопрофиля дневных почв, см		0	0	0–0,5 (пятна)	0,5–1	1–5 >5

сукцессионные смены и степень развитости почвенного покрова хорошо отражают динамику стока воды и могут служить важным индикатором для определения стадий развития пойменных генераций. В результате нами выделены основные количественные показатели, характеризующие стадии развития пойменных генераций долины р. Китой и их динамическое состояние: проективное покрытие растительности по ярусам (%) и мощность органопрофиля дневных почв (табл. 1, 2).

При сравнении стадий развития пойм и степени их динамичности на четырех ключевых участках выявлены существенные отличия участка Побочень–Верхний Китой в верховьях долины от всех остальных (см. табл. 1). В связи со слабо выраженным флювиальными процессами здесь не выделяются разновозрастные пойменные генерации. При этом степень застарания и развитости почв на прирусловых участках поймы свидетельствует о том, что даже при прямом контакте с руслом они остаются достаточно стабильными за исключением проточных участков.

Для ключевых участков Дабады, Прижим и Раздолье стадии развития пойменных генераций идентичны, что позволило выделить для них обобщенные количественные характеристики сукцессионных смен (см. табл. 2). Низкопойменные генерации четко выражены в виде сукцессий как в среднегорной и низкогорной, так и в равнинной частях долины, что подтверждает преобладающее влияние флювиального процесса на этих участках и обуславливает их высокую динамичность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали, что долинные геосистемы р. Китой характеризуются довольно высоким разнообразием за счет значительной морфоструктурной неоднородности территории и хорошо выраженной высотной поясности.

В верховьях р. Китой структура долинных геосистем слабо выражена и обусловлена преимущественно нефлювиальными процессами рельефообразования (склоновыми, мерзлотными). Флювиальное рельефообразование здесь в значительной степени сглаживается процессами криогенеза. В горной части бассейна отмечается более высокое разнообразие морфологических элементов долины по сравнению с верховьями, однако характерными особенностями являются их незначительная ширина, ступенчатость и фрагментарность развития. Данные особенности обусловлены высокими скоростями плановых деформаций и интенсивностью склоновых процессов.

Наиболее полно этапы развития долинных геосистем выражены в равнинной части, в пределах широкопойменного участка русла, где флювиальные процессы рельефообразования становятся ведущими. В то же время этот участок долины интенсивно преобразовывается антропогенной деятельностью. Таким образом, геоморфологическое строение и антропогенное воздействие определяют здесь усложнение структуры и мозаичность распределения долинных геосистем.

Главным фактором формирования и динамики низкопойменных геосистем выступают процессы рельефообразования в зоне контакта русла с поймой, выраженные в основном в переносе и накоплении аллювиальных отложений. Выявленные ряды сукцессионных смен почвенно-растительного покрова низких пойм наблюдаются практически на всем протяжении долины р. Китой, за исключением высокогорно-котловинной части бассейна. При переходе к более зрелым поверхностям, где влияние пойменного режима ослабевает, в сукцессионных стадиях просматриваются проявления высотно-поясных закономерностей, характерных для горно-таежных и подтаежных ландшафтов, однако накопление аллювиальных отложений остается определяющим фактором.

Выявленные в ходе анализа количественные характеристики основных индикаторов стадий развития пойменных генераций р. Китой могут быть использованы для определения этапов развития и типизации морфологических элементов долины при переходе из русловых в пойменные состояния на других участках. В дальнейшем такой подход может служить критерием выделения инвариантов застарания при сравнении долин разных бассейнов, но в сходных морфодинамических условиях, а также для оценки устойчивости долинных геосистем к природному и антропогенному воздействию.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта «Специфика формирования и факторы развития речных долин бассейнов левых притоков Ангары: современная динамика и палеогеографические аспекты» (22-27-00326).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы правления и условия формирования речных русел. — М.: Изд-во ЛКИ, 2008. — 608 с.
- Charlton R. Fundamentals of Fluvial Geomorphology. — London: Routledge, 2008. — 234 p.
- Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. — М.: Крона, 2009. — 684 с.
- Layzell A.L., Eppes M.C., Johnson B.G., Diemer J.A. Post-glacial range of variability in the Conejos River Valley, southern Colorado, USA: fluvial response to climate change and sediment supply // Earth Surface Processes and Landforms. — 2012. — Vol. 37, N 11. — P. 1189–1202.
- Bazhenova O.I., Bardash A.V., Makarov S.A., Opekunova M.Y., Tukhta S.A., Tyumentseva E.M. The functioning of erosion-channel systems of the river basins of the South of Eastern Siberia // Geosciences. — 2020. — Vol. 10, N 5. — P. 176–186.
- Сурков В.В. Ярусность природных территориальных комплексов как функция русловых гидрологических процессов // Вестн. Том. ун-та. — 2013. — № 372. — С. 197–202.
- Кичигина Н.В. Опасность паводочных наводнений в бассейнах левых притоков Ангары // География и природ. ресурсы. — 2020. — Т. 41, № 4. — С. 45–55. — DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-4(45-55)
- Шаликовский А.В., Лепихин А.П., Тиунов А.А., Курганович К.А., Морозов М.Г. Наводнения в Иркутской области 2019 года // Водное хозяйство России. — 2019. — № 6. — С. 48–65. — DOI: 10.35567/1999-4508-2019-6-4
- Opekunova M.Yu., Kichigina N.V., Rybchenko A.A., Silaev A.V. Channel deformations and hazardous processes of the left-bank tributaries of the Angara River (Eastern Siberia) // Water. — 2023. — Vol. 15, N 2. — P. 291.
- Опекунова М.Ю., Голубцов В.А., Кичигина Н.В., Вантеева Ю.В. Морфодинамика речных долин левобережья Ангары // Геогр. вестн. — 2023. — № 1 (64). — С. 6–16. — DOI: 10.17072/2079-7877-2023-1-6-16

11. **Атлас** Иркутской области: Экологические условия развития / Ред. В.В. Воробьёв, А.Н. Антипов, В.Ф. Хабаров. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН; М.: Роскартография, 2004. — 90 с.
12. **Опекунова М.Ю., Биличенко И.Н., Кобылкин Д.В., Голубцов В.А.** Динамика долинных геосистем р. Китой // Геогр. вестн. — 2018. — № 1 (44). — С. 5–16. — DOI: 10.17072/2079-7877-2018-1-5-16
13. Галимова Т.Ф., Пашкова А.Г., Поваринцева С.А., Перфильев В.В., Намолова М.М., Андрющенко С.В., Денисенко Е.П., Пермяков С.А., Миронюк Е.П., Тимашков А.Н., Плеханов А.О. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Ангаро-Енисейская. Л. N-47 — Нижнеудинск. Объяснительная записка. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. — 652 с.
14. Галимова Т.Ф., Пермяков С.А., Бобровский В.Т., Пашкова А.Г., Бормоткина Л.А., Поваринцева С.А., Матвейчук А.А., Намолова М.М., Садриев В.М. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Ангаро-Енисейская. Л. N-48 — Иркутск. Объяснительная записка. — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. — 574 с.
15. **Погода** и климат. Летопись погоды в Дабадах [Электронный ресурс]. — http://www.pogodaiklimat.ru/history/30714_2.htm (дата обращения 10.04.2023).
16. **Научно-прикладной** справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 22. Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991. — 604 с.
17. Беркин Н.С., Филиппова С.А., Бояркин В.М., Наумова А.М., Руденко Г.И. Иркутская область (природные условия административных районов). — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1993. — 304 с.
18. **Географическая** энциклопедия Иркутской области. Общий очерк / Ред. Л.М. Корытный. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. — 336 с.
19. Мотовилов Ю.Г., Гельфган А.Н., Полянин В.О. Катастрофические паводки в бассейне Ангары в 2019 году: Моделирование условий формирования и водного режима рек // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2021. — Т. 85, № 2. — С. 302–316. — DOI: 10.31857/S2587556621020102
20. Михеев В.С., Ряшин В.А. Ландшафты юга Восточной Сибири. М-б 1:1 500 000: Карты. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.
21. Иметхенов О.А. Геосистемы Восточного Саяна (Окинский район, Республика Бурятия) // География и природ. ресурсы. — 2019. — № 1. — С. 88–95. — DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(88-95)
22. Намзалов Б.-Ц.Б., Тайсаев Т.Т., Будажапов Л.-З.В., Намзалов М.Б.-Ц. Растительность подгольцово-таежного комплекса и аккумуляция золота лиственничниками Восточного Саяна // География и природ. ресурсы. — 2021. — Т. 42, № 4. — С. 105–114. — DOI: 10/15372/GIPR20210411
23. Golubtsov V.A., Vanteeva Yu.V., Bronnikova M.A., Cherkashina A.A., Znamenskaya T.I. Composition of stable carbon isotopes in organic matter of cambisols of the Eastern Sayan foothills // Eurasian Soil Science. — 2023. — Vol. 56, N 2. — P. 160–176. — DOI: 10.1134/S1064229322602049
24. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global, 2018 [Электронный ресурс]. — <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archi-ve-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1> (дата обращения 20.02.2023).
25. Олюнин В.Н. Неотектоника и оледенение Восточного Саяна. — М.: Наука, 1965. — 127 с.
26. Вантеева Ю.В., Опекунова М.Ю., Голубцов В.А. Структура долинных геосистем реки Китой // Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, природно-ресурсные и социально-экономические структуры. — Владивосток: Изд-во Тихоокеан. ин-та географии ДВО РАН, 2023. — С. 77–81. — DOI: 10.35735/9785604844175_77

Поступила в редакцию 29.06.2023

После доработки 30.08.2023

Принята к публикации 23.11.2023