

М.Ю. ОПЕКУНОВА*, **, В.А. ГОЛУБЦОВ*

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

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

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОРФОДИНАМИКА УСТЬЕВОЙ ЧАСТИ РЕКИ МАЛОЙ БЕЛОЙ

Рассмотрены морфологические и морфодинамические особенности р. Малой Белой в ее нижнем течении. Проведена типизация пойменно-русловых комплексов, охарактеризованы некоторые особенности их функционирования. Проанализировано строение отложений первой террасы в пределах развития разных морфодинамических русловых типов. Установлена существенная пространственная дифференциация строения отложений первой террасы, вызванная неоднородностью морфоструктурного строения долины р. Малой Белой. Выявлено, что самая стабильная часть террасы, имеющая наибольший древний возраст поверхности стабилизации, коррелирует с развитием относительно прямолинейного типа русла, который, по-видимому, был характерен для рассматриваемого участка долины и во время формирования поверхности первой террасы. На участке меандрирования, выше по течению, высота террасы несколько понижается. На основе фациально-литологического анализа разрезов отложений террасы и пойм получены данные о ритмичности осадконакопления в пределах низких морфологических уровней в долине р. Малой Белой. Определены основные этапы формирования пойменных генераций. Стабилизация поверхности первой террасы в пределах развития прямолинейного русла началась 10,8 тыс. кал. л. н. Закрепление поверхности первой террасы в пределах участка меандрирования произошло в интервале 9,3–8,9 тыс. кал. л. н. Формирование осадков высокой (до 3 м) поймы началось около 3,5 тыс. кал. л. н., низкой (до 2 м) — после 2600 кал. л. н. Анализ строения отложений пойменно-русловых комплексов и первой террасы р. Малой Белой позволил выделить два стабильно развивающихся пойменно-террасовых комплекса в пределах небольшого отрезка долины.

Ключевые слова: пойма, тип русла, голоцен, пойменные генерации, осадконакопления, Верхнее Приангарье.

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, opek@mail.ru, tea_88@inbox.ru

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

SPATIO-TEMPORAL MORPHODYNAMICS OF THE MALAYA BELAYA RIVER IN ITS LOWER REACHES

The morphological and morphodynamic features of the Malaya Belaya River in its lower reaches are considered. Various types of floodplain-channel complexes are identified, and some features of their functioning are characterized. The structure of the first terrace deposits in areas of different morphodynamic channel types was analyzed. The analysis showed a significant spatial differentiation of the deposits of the first terrace, associated with the heterogeneity of the morphostructural features of the Malaya Belaya River valley. It was found that the most stable part of the terrace, which has the most ancient age of the stabilization surface, is confined to the areas of development of a relatively rectilinear type of channel. The latter was apparently characteristic of the section of the valley considered and during the formation of the surface of the first terrace. In the meandering section upstream, the height of the terrace decreases slightly. Based on lithologic and facies analysis of sections of terrace and floodplain deposits, data on the rhythm of sedimentation within low morphological levels in the Malaya Belaya River valley were obtained. The main stages of the formation of floodplain generations have been identified. Stabilization of the surface of the first terrace in the areas of a straight channel began 10,8 ka. Fixing the surface of the first terrace at the sites of meandering channel type occurred in 9,3–8,9 ka. The formation of high (up to 3 m) floodplain occurred around 3,5 ka. Low floodplain deposits with a height of up to 2 meters began to form after 2,6 ka. An analysis of the structure of the sediments of the floodplain-channel complexes and the first terrace of the Malaya Belaya River made it possible to identify two stably developing floodplain-terrace complexes within a small section of the river channel.

Keywords: floodplain, channel type, Holocene, floodplain generations, sedimentation, Upper Angara region.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование формирования и развития речных долин вносит большой вклад в оценку ритмики экзогенного рельефообразования [1, 2] — важной составляющей трансформации и эволюции ландшафтов и их компонентов [3, 4]. С практической точки зрения результаты подобных исследований позволяют прогнозировать опасные гидрологические явления, оценивать особенности протекания русловых процессов и преобразования ландшафтов речных долин в условиях антропогенного пресинга [5–12].

Актуальны исследования подобной направленности и для бассейнов левых притоков р. Ангары, в частности бассейна р. Белой. Бассейн расположен в пределах неоднородной в морфоструктурном отношении территории [13, 14], что определяет дифференциацию зон аккумуляции и эрозии, которая наиболее ярко отражена в строении флювиального рельефа. В рельфе флювиальных систем данной территории также могла отразиться и смена динамических состояний разломных зон [15–17]. Поэтому изучение развития долины р. Белой и современной морфодинамики ее пойменно-русловых комплексов служит ключом к пониманию соотношения неотектонического и климатического факторов в формировании рельефа Верхнего Приангарья в целом. В прикладном аспекте выявление скорости изменения морфодинамического типа русла и его неизменности в плане во времени может служить критерием для оценки динамического состояния пойм, а также для районирования территории по степени уязвимости к гидрологическим и геоморфологическим опасностям [6, 8, 18, 19].

Ранее авторами была оценена степень динамической изменчивости пойменных массивов левобережных притоков р. Ангары в различных региональных геодинамических областях — горной, предгорной и равнинной. Для рек Верхнего Приангарья проведено зонирование территории по динамичности пойменно-русловых комплексов [20]. Продолжение этой работы видится в проведении районирования с привлечением данных об истории развития флювиального рельефообразования территории на более низком топографическом уровне. Особенно актуально это для широкопойменных участков рек, где наблюдается лучшая сохранность информации об условиях флювиальной аккумуляции в плейстоцене и голоцене [21, 22].

Цель данной работы — определение особенностей осадконакопления и развития морфодинамических пойменно-русловых комплексов на участке слияния рек Малой и Большой Белой с акцентом на долине р. Малой Белой.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Район исследования охватывает территорию нижнего течения Малой и Большой Белой перед их слиянием (рис. 1). Согласно геоморфологическому районированию А.Г. Золотарева, эта территория относится к подрайону Предсаянской впадины с равнинным рельефом, характеризующемуся низкой неотектонической активностью [14]. В геологическом строении здесь получили распространение юрские песчаники, кембрийские доломиты, обширные площади песков, галечников, глин четвертичного возраста, выполняющих зоны молодых опусканий [17].

Средний многолетний расход воды в пределах района исследования варьирует от 61,35 м³/с на участке в с. Тунгусы, расположенным выше по течению, до 168 м³/с на участке пос. Мишелевка—р. Белая, ниже по течению, а средний сток наносов с 1968 по 2010 г. составил 146 тыс. т [23].

Согласно методическим указаниям [9, 24], была проведена типизация морфодинамических русловых и пойменных типов рек в пределах изученных участков. Проведено геоморфологическое профилирование района исследования, определены относительные высоты морфологических уровней, дана их характеристика. На основе дешифрирования космоснимков высокого разрешения Landsat, ортофотопланов, полученных с БПЛА, построены геоморфологические схемы.

Для определения фациального строения и дифференциации отложений, слагающих поймы, а также основных этапов формирования пойменных массивов изучены рыхлые отложения пяти разрезов. При проведении полевых исследований основное внимание уделялось стратиграфическому и морфогенетическому анализу отложений и погребенных почв. Характеристика текстуры отложений дана в соответствии с принципами, предложенными в [25]. Определение возраста погребенных почв выполнено радиоуглеродным методом со сцинтилляционным измерением активности ¹⁴C в Санкт-Петербургском государственном университете по углероду гуминовых кислот. В тексте приведены калиброванные даты. Калибровка выполнена с использованием шкалы IntCal 20 [26].

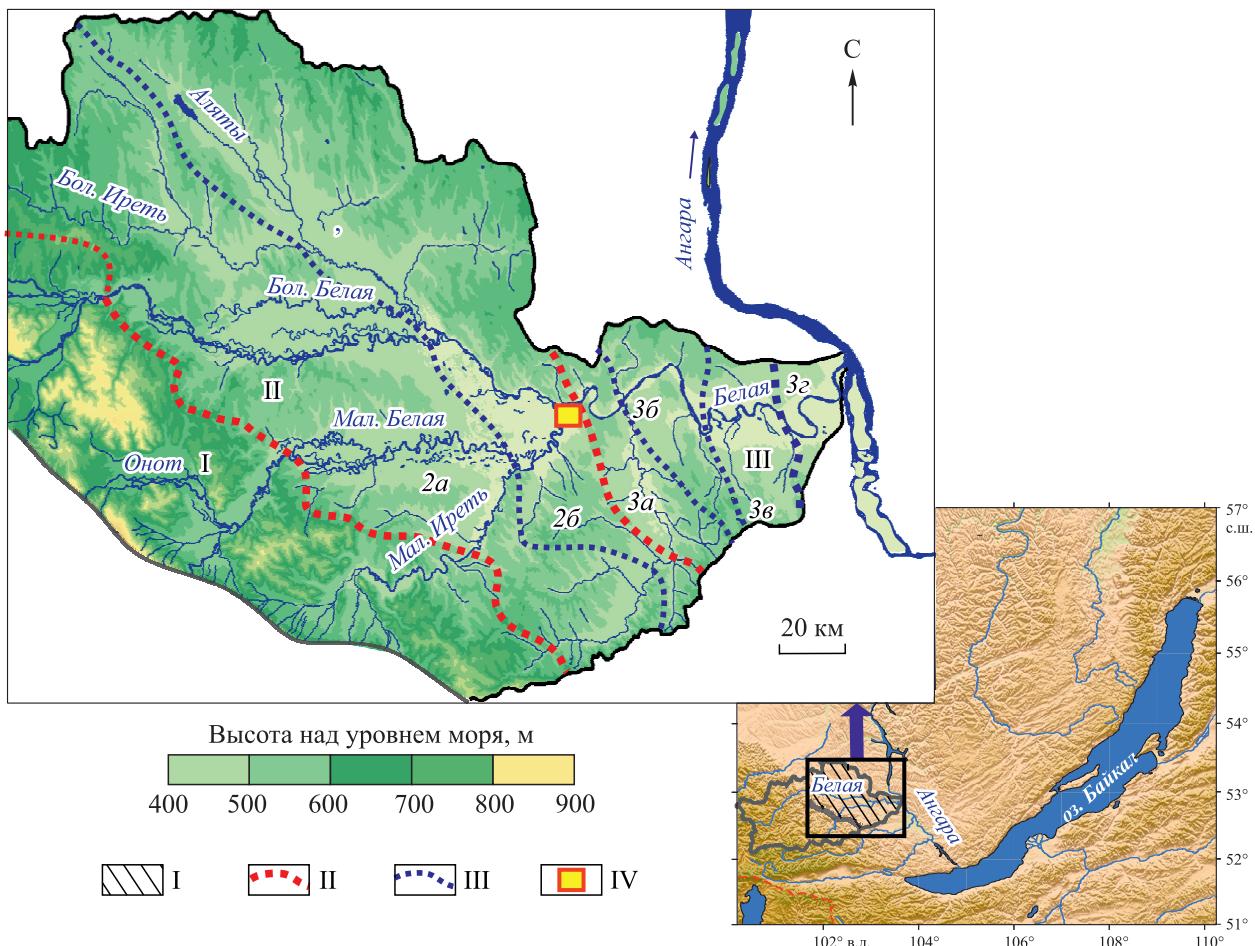


Рис. 1. Положение исследуемой территории в пределах бассейна р. Белой и основные геоморфологические районы.

I — исследуемая часть бассейна; II — границы районов; III — границы подрайонов; IV — ключевой участок. Геоморфологические районы: I — Предгорный, II — Внутренних дельт, III — Бельский. Геоморфологические подрайоны: 2а — Иретский, 2б — Приуставьской, 3а — Мишелевский, 3б — Холмушинский, 3в — Тайтурский, 3г — Белореченский.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Структура пойменно-русловых комплексов. В нижнем течении р. Белой выделяются три геоморфологических района, для которых характерно развитие однородных морфодинамических русловых и пойменных типов (см. рис. 1) [21]. Так, в пределах районов Предгорного и Внутренних дельт реки Большая и Малая Белая обладают широкопойменным типом русел со свободным и адаптированным меандрированием. Характерны ложбинно- и проточно-островные типы пойм, общая площадь которых составляет 638 км². Ширина высокой (до 3 м) поймы в Предгорном районе достигает 1,5 км, в районе Внутренних дельт она достигает 8 км. Предгорный район характеризуется высокими скоростями плановых деформаций, значительным участием склоновых процессов в привносе материала в русло, строением пойм, типичным для горных территорий [21].

Долинный рельеф района Внутренних дельт, который соответствует выделенной ранее полосе «внутренних дельт» [27], несмотря на высокую скорость плановых деформаций, отражает длительную и динамичную историю развития пойменно-руслового рельефа [20]. Среднее значение соотношения ширины русла (V_p) к ширине поймы (V_B) — 53, при этом величина уклона поймы остается значительной в прирусловой части (1,76 м/км), несколько снижаясь в средней и притеррасовой (0,93 м/км) частях. Строение и состав пойменных отложений можно отнести к перстративному типу [28].

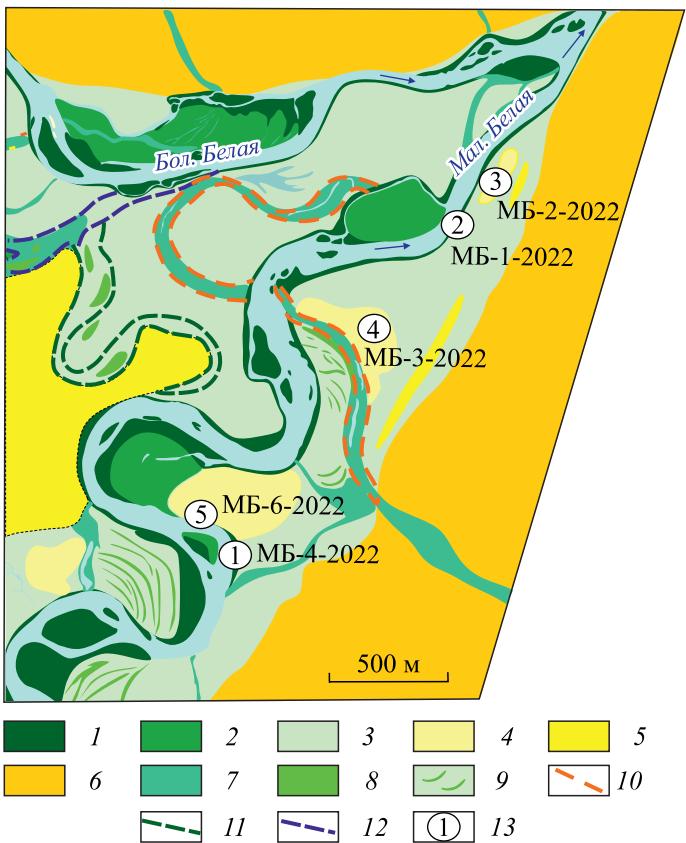


Рис. 2. Геоморфологическая схема участка исследования.

1 — низкая пойма высотой до 1 м; 2 — низкая пойма высотой до 2 м; 3 — высокая пойма; 4 — первая терраса; 5 — вторая терраса; 6 — комплекс высоких террас; 7 — обводненные палеорусла и пойменные протоки; 8 — ложбинно-островные разветвления палеорусел; 9 — гравистый пойменный рельеф; 10 — палеорусла 1-й генерации (от современного русла); 11 — палеорусла 2-й генерации; 12 — палеорусла 3-й генерации. 13 — разрезы отложений: 1 — МБ-4-2022; 2 — МБ-1-2022; 3 — МБ-2-2022; 4 — МБ-3-2022; 5 — МБ-6-2022.

Рельеф этого района представлен поймами ложбинно-островного и проточно-островного типов разных генераций, а также фрагментами первой террасы высотой до 7 м с сохранившимся пойменным рельефом. В правобережной части р. Большая Иреть хорошо сохранились фрагменты палеорусла, ширина которых превышает современное русло в среднем в 2,0–2,5 раза. После слияния Малой и Большой Белой (Бельский район) (см. рис. 1), вследствие морфоструктурной неоднородности, увеличивается сочетание пойменных и русловых типов.

Участок исследования расположен в Приустьевом подрайоне района Внутренних дельт (см. рис. 1). В приустьевой части долины Малой и Большой Белой (полоса — устья рек Малая и Большая Иреть) сливаются, формируя заболоченную аллювиальную равнину, протяженностью 18 км и шириной до 14 км. В центральной части сохранились фрагменты низких террас, поверхности которых смоделированы эоловыми процессами. Морфодинамический тип русла здесь широкопойменный извилистый со свободными и адаптированными излучинами.

В пределах этого участка русло Большой Белой смещено к левому коренному борту, а Малой Белой, напротив, — к правому. В результате русло Большой Белой представлено преимущественно сочетанием относительно прямолинейных неразветвленных и разветвленных участков. Для Малой Белой на этом участке характерны в основном извилистые русла со свободными и адаптированными излучинами, а также участки с относительно прямолинейным руслом. Рельеф пойм в этой части долины представлен сегментно-гравистыми и проточно-ложбинными участками.

Данные участки можно определить как региональные зоны аккумуляции (район Внутренних дельт) и врезания (Бельский район), используя в качестве критериев развитие морфодинамических типов [21] и временную динамику площади островной поймы [20].

Ранее были выявлены этапы формирования высокой поймы в пределах района Внутренних дельт [21] и пойменных комплексов в Бельском районе [22]. Время формирования фации прирусловой отмели высокой поймы в пределах района Внутренних дельт определяется в 8,8 тыс. кал. л. н. (разрез Большая Белая), формирование пойменной фации протекало 4,5–3,5 тыс. кал. л. н.

В пределах Бельского района рубежи формирования генераций высокой поймы составили 7,5–8,0; 5,5–6,0 и 4,5–4,0 тыс. кал. л. н., а средней поймы — 3,5–3,0 тыс. кал. л. н., выход первой террасы из пойменного режима аккумуляции произошел около 6,7 тыс. кал. л. н. Проведенные исследования показали унаследованность характерных черт на протяжении формирования пойменных уровней, а также определяющее влияние климата в развитии речных долин исследуемой территории [21, 22].

Локализация участка исследования на правобережье р. Малой Белой интересна тем, что, во-первых, это место слияния двух практически равноценных рек, где мог образоваться переменный подпор, способный повлиять на режим осадконакопления; во-вторых, это пограничная зона двух районов —

Внутренних дельт и Бельского, которая, возможно, находится в режиме влияния регрессивной эрозии после слияния двух водотоков и понижения базиса эрозии. Морфодинамический тип узла слияния Малой и Большой Белой определяется как слияние с пойменными разветвлениями [24]. Рельеф здесь представлен фрагментами первой террасы с высотными отметками от 6 до 7,8 м, которые сочленяются с поверхностями пойм высотой до 4 м. Низкая пойма хорошо выражена только в шпорах излучин, на остальных участках имеет ограниченное развитие.

Помимо флювиального рельефа современного эрозионного цикла, хорошо выражены элементы предыдущих циклов, которые, кроме поверхностей террасового комплекса, представлены участками палеомеандров. Судя по положению относительно современного русла, их можно отнести к разновозрастным генерациям. Согласно классификации флювиального палеорельефа [29], на территории исследования выделяются: палеоизлучины, староречья, меандровые цирки в тыловых частях пойм и террас, прямолинейные фрагменты палеорусел.

На данный момент в связи с ограниченностью геохронологических данных по косвенным признакам мы можем представить следующую схему реконструкции рельефа (см. рис. 2). Средние величины радиусов палеоизлучин и современных находятся в одном диапазоне — 0,37 и 0,38 км соответственно. Ширина современного русла варьирует от 0,1 до 0,45 км в местах русловых разветвлений. Средняя ширина палеорусел — 0,15 км. Данные о морфометрических показателях палеорельефа косвенно свидетельствуют о том, что в период с финальных стадий позднего плейстоцена и в голоцене русловой тип и водность реки на рассматриваемом участке принципиально не менялись. С этой точки зрения минимальная изменчивость типа характеризует русло как устойчивое. Рассмотрим этапы развития поверхностей в границах современного прямолинейного участка и пояса меандрирования.

Характеристика отложений. Разрез МБ-2-2022 (рис. 3, а) расположен на правом берегу реки, на поверхности небольшого (площадь 0,05 км²) фрагмента первой террасы в пределах развития слабоизвилистого устьевого участка. Его строение показывает последовательную смену отложения песчаной толщи (русловая фация) мощностью до 4,5 м осадками пойменной фации, с переменным режимом аккумуляции-стабилизации, фиксирующейся профилями погребенных почв и их отдельными горизонтами. Маркером выхода поверхности из пойменного режима можно считать горизонт, расположенный на глубине 0,75 м и датированный 10 810 ± 180 л. н. (см. таблицу, рис. 3).

Разрезом МБ-3-2022 вскрываются отложения, слагающие поверхность внутренней части пологой сегментной излучины (коэффициент развитости излучины — 1,4; радиус кривизны — 0,3 км). Эта поверхность — самая древняя часть шпоры излучины — размывалась с запада протокой шириной 100 м, глубиной 2,5 м, которая сейчас представлена фрагментами стариц, соединенных между собой водотоком шириной до 1,5 м (см. рис. 2, б). Ширина современного русла варьирует от 100 до 130 м, следовательно, ее можно идентифицировать как протоку, которая прекратила функционировать сравнительно недавно и занята небольшим водотоком. Самая древняя из полученных датировок составляет 9360 ± 150 кал. л. н. (см. рис. 3), т. е. закрепление поверхности в условиях меандрирования произошло позже, чем таковое для расположенного ниже по течению относительно прямолинейного участка.

Разрез МБ-6-2022 также расположен в пределах пояса меандрирования (см. рис. 2, 3) и находится в шпоре синусоидальной излучины в прирусловой части первой террасы. Длительность аккумуляции толщи можно оценить в 8,9 тыс. кал. лет на основании даты 8890 ± 160 кал. л. н., полученной из гумусового горизонта одной из наиболее древних в рассматриваемом разрезе почв на глубине 2,4 м (см. рис. 3). Вверх по разрезу отмечается учащенная ритмичность построения пачки пойменных отложений, характерных для латерального отложения меандрирующих рек [8, 30]. Значительное количество погребенных почв и разделяющих их аллювиальных осадков было сформировано на временном отрезке 6,5–8,9 тыс. кал. л. н.

Ранее было рассмотрено строение аналогичной излучины в нижнем течении р. Белой [22], где возраст самого древнего пойменного уровня фиксировался датой 7230 ± 150 кал. л. н., полученной для погребенной почвы с глубины 2,9 м, что хорошо соотносится с хронологией пойменной аккумуляции в разрезе МБ-6-2022. Однако общность морфологии с поверхностью, где расположен разрез МБ-3-2022, позволяет отнести ее к террасовому комплексу. На данном этапе исследования мы не можем исключить локального распространения данного уровня.

Разрезом МБ-1-2022 вскрыты отложения прирусловой части высокой поймы, хорошо выраженной на всем протяжении изучаемого участка (см. рис. 2). Для отложений характерны многочисленные признаки гидроморфизма, переменного окислительно-восстановительного режима. На глубине 0,5–

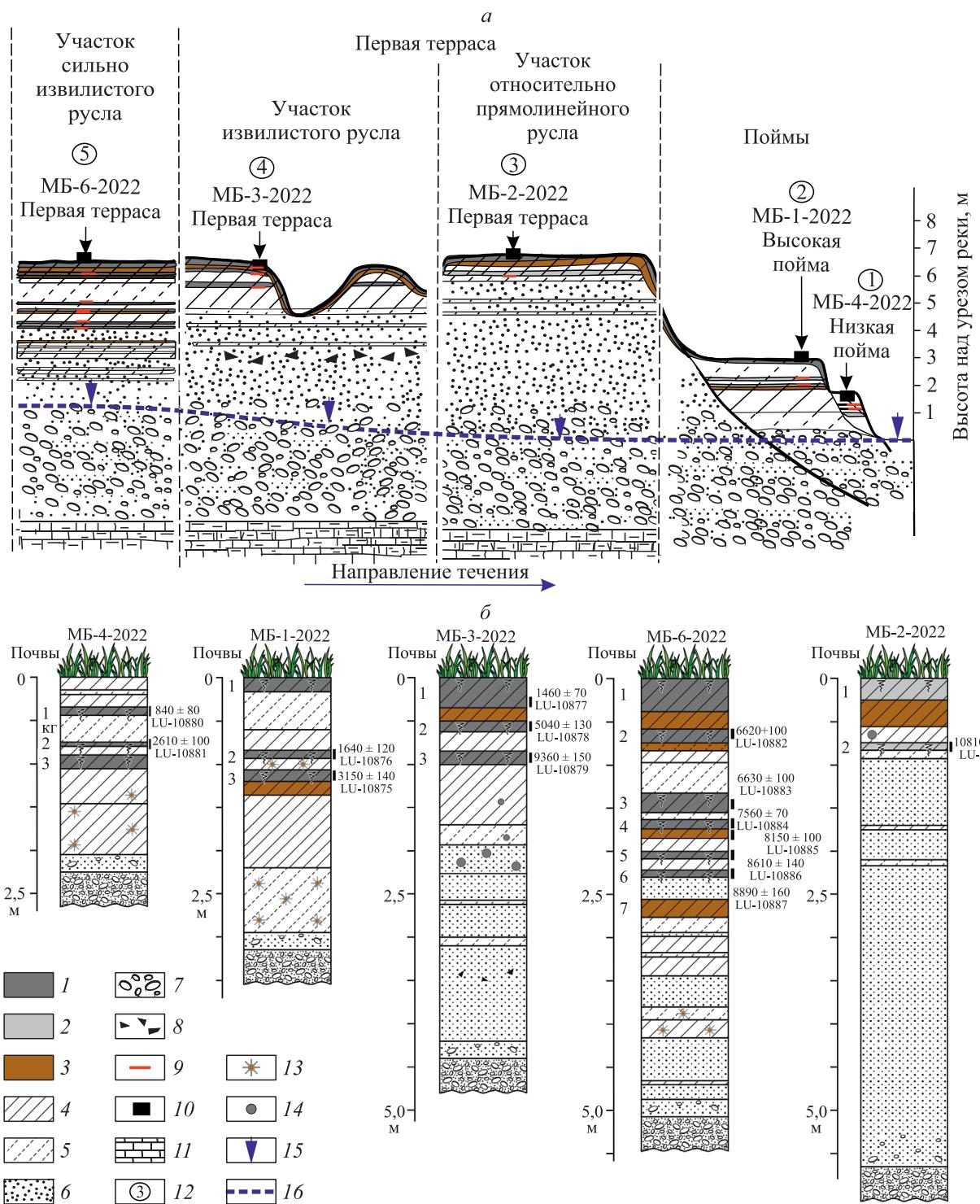


Рис. 3. Строение пойменно-террасового комплекса и рыхлых отложений на участке исследования (принципиальная схема).

a — геологический профиль через долину р. Малой Белой; *б* — строение исследуемых разрезов и возраст погребенных почв. 1–3 — горизонты погребенных почв; 4 — суглинки; 5 — супеси; 6 — пески; 7 — галька; 8 — включения угольков; 9 — места отбора образцов для радиоуглеродного датирования; 10 — точки заложения разрезов и скважин; 11 — коренные породы; 12 — номер разреза (см. рис. 2); 13 — признаки гидроморфизма и переменного окислительно-восстановительного режима; 14 — ходы землероев; 15 — уровень меженного уреза реки; 16 — продольный профиль русла.

Радиоуглеродный и календарный возраст погребенных почв исследуемых разрезов

Разрез	Глубина, см	Лаб. номер	Возраст, л. н.	
			^{14}C	календарный
МБ-1-22	72–90	LU-10876	1740 ± 100	1640 ± 120
	106–120	LU-10875	2980 ± 110	3150 ± 140
МБ-2-22	74–82	LU-10874	9480 ± 100	$10\ 810 \pm 180$
МБ-3-22	28–35	LU-10877	1580 ± 70	1460 ± 70
	55–62	LU-10878	4400 ± 80	5040 ± 130
	90–95	LU-10879	8400 ± 130	9360 ± 150
МБ-4-22	36–44	LU-10880	930 ± 80	840 ± 80
	75–80	LU-10881	2550 ± 70	2610 ± 100
МБ-6-22	60–65	LU-10882	5820 ± 80	6620 ± 100
	140–150	LU-10883	5830 ± 80	6630 ± 100
	160–170	LU-10884	6690 ± 80	7560 ± 70
	180–190	LU-10885	7330 ± 90	8150 ± 100
	190–199	LU-10886	7790 ± 90	8610 ± 140
	214–220	LU-10887	8030 ± 100	8890 ± 160

1,5 м отмечаются многочисленные профили слаборазвитых почв, разделенных наносами, различными по механическому составу. Возраст наиболее развитых погребенных почв, сформированных в подошве и кровле данной пачки, составляет 3150 ± 140 и 1640 ± 120 кал. л. н. соответственно (см. рис. 3). Хронология их формирования хорошо соотносится с выделенными ранее этапами снижения водности на исследуемой территории [21, 22].

Низкая пойма представлена двумя генерациями — высотой до 1 м и до 2 м. Она получила распространение преимущественно в шпорах излучин, располагаясь в шахматном порядке. Общее представление о строении отложений данной генерации может быть получено при анализе строения отложений разреза МБ-4-2022 (см. рис. 3), которое указывает на ритмичность осадконакопления, характерную для меандрирующего участка реки. Этапы стабилизации поверхности, фиксирующиеся профилями погребенных почв, здесь единичны и разнесены относительно продолжительным временем промежутком, охватывающим почти 2 тыс. лет (см. рис. 3).

Представленные различия в строении и возрасте пойменно-русловых комплексов на рассматриваемом участке иллюстрируют дифференцированность осадконакопления в зависимости от морфодинамических условий. Анализ полученных данных позволяет определить следующие особенности развития флювиального рельефа территории:

1) дифференциация в строении отложений террасы устьевого слабоизвилистого и меандрирующего участков указывает на унаследованность руслового типа во время формирования первой террасы, что свидетельствует о стабильном развитии;

2) разность во времени закрепления поверхностей первой террасы свидетельствует о различных динамических условиях на небольшом расстоянии, что связано прежде всего с неизменным развитием определенного типа морфодинамического типа русла;

3) однородность русловых морфодинамических типов и строения отложений первой террасы позволяет выделить два типа пойменно-террасовых уровней.

Таким образом, анализ совокупности параметров, характеризующих историю развития флювиального рельефа: литолого-фациальное строение отложений, возраст их формирования, наличие форм палеорельефа, тип микрорельефа — позволяет выделить два типа пойменно-террасовых комплексов.

Первый устьевой комплекс с нижней возрастной границей его формирования в $10\ 810 \pm 180$ кал. л. н. расположен в нижнем течении р. Малой Белой в пределах развития относительно прямолинейного типа русла. Второй комплекс находится выше по течению в поясах современного и древнего меандрирования реки, начало его формирования лежит в пределах 9360 ± 150 (МБ-3-22) – 8890 ± 160 кал. л. н. (МБ-6-22). На локальном уровне данные комплексы можно отнести к зонам врезания (устьевой комплекс) и направленной аккумуляции (комплекс пояса меандрирования) соответственно.

Наличие более поздних фаз стабилизации поверхностей пойм может объясняться развитием регressiveвой эрозии от точки слияния Малой и Большой Белой. Однако в целом это характерная черта долины р. Белой, где возраст пойменных песков повышается от предгорной части к равнинной

[21]. Неизменность морфотипов русла на разных эрозионно-аккумулятивных этапах развития долины (формирования первой террасы и пойм) может указывать на определенную стабильность развития русла в пределах этих временных интервалов.

Таким образом, в пределах небольшого отрезка долины строение отложений пойменного и террасового комплекса хорошо иллюстрирует зависимость осадконакопления от типа русла. Выявленные особенности могут быть использованы в качестве критерии для районирования территории по направленности эрозионно-аккумулятивного процесса.

ВЫВОДЫ

1. В строении отложений первой террасы определяются хроностратиграфические признаки их формирования, зависящие от морфодинамического руслового типа.

2. Наиболее стабильной и древней поверхностью является фрагмент первой террасы, расположенный в пределах развития прямолинейного типа русла. Выше по течению, в границах участков развития свободного меандрирования, данная поверхность закрепилась позже, что обусловлено более активным взаимодействием водотока и поймы.

3. Унаследованность морфодинамических пойменно-русоловых и террасовых типов позволяет выделить их в два типа пойменно-террасовых комплексов динамического развития долины на временном отрезке их формирования (поздний плейстоцен—голоцен).

4. Результаты исследований могут быть использованы в дальнейшем для геоморфологического районирования территории.

Работа выполнена в рамках государственных заданий Института географии им. В.Б. Сочавы (СО РАН АААА-А21-121012190017-5, АААА-А21-121012190055-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Charlton R. Fundamentals of Fluvial Geomorphology. — London: Routledge, 2008. — 234 p.
2. Panin A., Grzegorz A., Buylaert J.-P., Matlakhova E., Moska P., Novenko E. Two Late Pleistocene climate-driven incision/aggradation rhythms in the middle Dnieper River basin, westcentral Russian Plain // Quaternary Science Reviews. — 2017. — Vol. 166. — P. 266–288.
3. Li T., Lee G., Kim G. Case study of urban flood inundation — impact of temporal variability in rainfall events // Water. — 2021. — N 13 [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.3390/w13233438> (дата обращения 10.04.2024).
4. Little P.J., Richardson J.S., Alila Y. Channel and landscape dynamics in the alluvial forest mosaic of the Carmanah River valley, British Columbia, Canada // Geomorphology. — 2013. — DOI: 10.1016/j.geomorph.2013.04.006
5. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. — 355 с.
6. Беркович К.М. Географический анализ антропогенных изменений русловых процессов. — М.: ГЕОС, 2001. — 164 с.
7. Махинов А.Н. Современное рельефообразование в условиях направленной аккумуляции. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 232 с.
8. Чернов А.В. География и геэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. — М.: Крона, 2009. — 682 с.
9. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 3: Антропогенные воздействия. Опасные проявления и управление русловыми процессами. — М.: Красанд, 2019. — 640 с.
10. Назаров Н.Н., Фролова И.В., Черепанова Е.С. Антропогенные факторы и современное формирование пойменно-русоловых комплексов // Геогр. вестн. Физич. география и геоморфология. — 2012. — № 1 (20). — С. 31–41.
11. Nawieśnaki-Caesar M., Wilkosz-Mamcarczyk M., Hernik J., Gorzelan J., Gorzelany-Dziadkowiec M. An integrated approach to river valley revitalization // Journ. of Environmental Engineering and Landscape Management. — 2019. — Vol. 27, Iss. 1. — P. 22–32.
12. Wang X., Kinsland G., Poudel D., Fenech A. Urban flood prediction under heavy precipitation // Journ. of Hydrology. — 2019. — Vol. 577. — P. 1–21.
13. Твердохлебов В.А. Тектоническая карта м-ба 1:4 000 000 // Атлас Иркутской области. — М.; Иркутск: ГУГК СССР, 1962. — С. 18–19.
14. Иркутская область: экологические условия развития: Атлас / Под рук. В.В. Воробьева. — М.; Иркутск: Роскартография, 2004. — 90 с.
15. Солоненко В.П. Селевые потоки в плейстосейстовых зонах катастрофических землетрясений // Вестн. Моск. о-ва естествоиспытателей. Геология. — 1963. — С. 133–140.

16. Чипизубов А.В., Аржаникова А.В., Воробьева Г.А., Бердникова Н.Е. Погребенные палеосейсмодислокации на юге Сибирской платформы // Докл. РАН. — 2001. — Т. 379, № 1. — С. 101–103.
17. Аржаникова А.В., Аржаников С.Г. Проявления новейших тектонических деформаций на юге Сибирской платформы // Геология и геофизика. — 2005. — Т. 46, № 2. — С. 273–279.
18. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 280 с.
19. Опекунова М.Ю., Бардаш А.В. Морфометрический анализ рельефа бассейна р. Ии (Иркутская область) // География и природ. ресурсы. — 2022. — Т. 43, № 1. — С. 102–109. — DOI: 10.15372/-GIPR20220111
20. Opekunova M.Y., 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. — P. 291–312. — DOI: 10.3390/w15020291
21. Голубцов В.А., Опекунова М.Ю. Строение и хронология формирования пойменных отложений рек бассейна р. Белая (Верхнее Приангарье) // Геоморфология. — 2022. — Т. 53, № 4. — С. 42–55.
22. Голубцов В.А., Опекунова М.Ю. Отклик речных систем южного Предбайкалья на изменения климата в голоцене // Материалы XVII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 9–14 сентября 2024 г.). — Иркутск: Изд-во Ин-та географии, 2024. — С. 92–95.
23. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России [Электронный ресурс]. — <http://gis.vodinfo.ru> (дата обращения 20.10.2023).
24. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2: Морфодинамика речных русел. — М.: Красанд, 2011. — 960 с.
25. Ботвинкина Л.Н. Методическое руководство по изучению слоистости. — М.: Наука, 1965. — 263 с.
26. Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. — 2020. — Vol. 62 (4). — P. 725–757.
27. Воскресенский С.С. Геоморфология СССР. — М.: Высш. школа, 1968. — 367 с.
28. Карташов И.П. Основные закономерности геологического развития рек горных стран (на примере северо-востока СССР). — М.: Наука, 1972. — 245 с.
29. Панин А.В. Реликтовые формы речных русел // Маккавеевские чтения — 2012: Сб. материалов ежегодного науч. семинара. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. — С. 70–91.
30. Завадский А.С., Чалов Р.С. Условия формирования и морфология свободных излучин на реках Северной Евразии // Геоморфология и палеогеография. — 2000. — № 1. — С. 88–95.

Поступила в редакцию 17.01.2024

После доработки 20.05.2024

Принята к опубликованию 11.07.2024