

УДК 551.435.122(571.53)

СТРОЕНИЕ И ХРОНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЙМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕК БАСЕЙНА р. БЕЛАЯ (ВЕРХНЕЕ ПРИАНГАРЬЕ)

© 2022 г. В. А. Голубцов^{1,2,*}, М. Ю. Опекунова^{1,**}

¹Институт географии СО РАН, Иркутск, Россия

²Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

*E-mail: tea_88@inbox.ru

**E-mail: opek@mail.ru

Поступила в редакцию 12.01.2022 г.

После доработки 20.04.2022 г.

Принята к публикации 15.07.2022 г.

Пойменные отложения служат важным палеогидрологическим архивом, позволяющим судить о закономерностях проявления русловых процессов и их ритмике в голоцене. Такие данные необходимы для оценки повторяемости экстремальных гидрологических событий за пределами исторических наблюдений. Представлены результаты исследования высоких пойм в бассейне р. Белой. Проведено районирование бассейна по принципу однородности морфодинамических пойменно-русловых комплексов, выявлена их связь с морфоструктурой территории. На основании анализа текстур, минералогического и гранулометрического состава отложений, их радиоуглеродного возраста выявлены особенности фациального строения и дифференциации осадков, слагающих поймы. Седиментация происходила при постоянстве питающих провинций. В нижнем течении заметную роль в поступлении материала играли местные источники. Строение пойменных отложений отражает морфодинамику пойменно-русловых комплексов и унаследованность характерных черт развития долин на протяжении их формирования. Так, для разрезов предгорной части бассейна отмечается отсутствие фации прирусловой отмели. При этом возраст песков пойменной фации здесь значительно моложе (800–900 лет), чем в нижней части бассейна (2.5–3.4 тыс. лет), что в совокупности свидетельствует о динамичности русел в предгорной части. В то же время относительно древний возраст сохранившихся почвенных серий указывает на стабильность участков в нижнем течении рек. Изменения в осадконакоплении на поймах (8.8 тыс. кал. л. н., 3.4 тыс. кал. л. н.) хронологически соотносятся с изменениями климата, что может свидетельствовать о существенной роли климата в формировании пойм исследуемой территории.

Ключевые слова: речные долины, пойменно-русловые комплексы, аллювиальные отложения, голоцен, Байкальский регион

DOI: 10.31857/S0435428122040046

ВВЕДЕНИЕ

Поймы являются геоморфологическим выражением реакции речных систем на изменения внешних (климат) и внутренних (конфигурация речной системы) условий руслоформирования (Hoffmann et al., 2007; Charlton, 2008). Изменения интенсивности процессов мобилизации, транспорта и аккумуляции вещества во времени и в различных частях речных долин обуславливают значительную неоднородность пойменных отложений (Маккавеев, 2003; Чернов, 2009; Гласко, Александровский, 2014). Такие отложения служат одним из важнейших палеогидрологических архивов голоцена (Панин и др., 2011; Гласко, Александровский, 2014; Benito et al., 2015; Wolf, Faust, 2015) и позволяют устанавливать хронологию

экстремальных гидрологических событий, дополняя ограниченные во времени ряды исторических наблюдений (Benito et al., 2015; Bird et al., 2019; Pears et al., 2020). Данная проблема характерна и для Приангарья, где в последнее время наблюдается усиление циклонической деятельности (Шаликовский и др., 2019), катастрофические летние паводки, которые признаны одним из ведущих факторов чрезвычайных ситуаций (Кичигина, 2018; Гарцман и др., 2020; Опекунова, 2020). В связи с этим важно иметь представление не только о закономерностях проявления русловых процессов, но и об их ритмике в голоцене, когда гидроклиматические условия были близки к современным.

В настоящий момент данные о возрасте и строении пойменных отложений на исследуемой территории весьма ограничены (или немногочисленны) (Плоскогорья..., 1971). Основная часть опубликованных работ затрагивает вопросы формирования речных террас, прежде всего, в контексте археологической проблематики (Мезолит..., 1971; Цейтлин, 1979; Holocene..., 2017; Савельев, Уланов, 2018; Bondetti et al., 2020). Несмотря на ценность таких данных, они дают представление лишь о ранних этапах развития речных долин в отличных от современных гидроклиматических условиях.

Целью данной работы стало выявление закономерностей строения аллювиальных отложений пойменно-руслowych комплексов рек Малая, Большая Белая и Белая в пределах предгорной и равнинной частей их бассейнов и детализация хронологии и условий формирования пойм.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория исследования расположена в среднем и нижнем течении реки Белая, включая долины рек Малая и Большая Белая (рис. 1), и захватывает предгорья Восточного Саяна и Предсаянскую впадину с типами рельефа от низкогорного до платообразного и равнинного (Атлас, 2004). Высоты водоразделов достигают 800 м, снижаясь вниз по течению до 500 м. Своеобразие развития Присаянского цокольного предгорного прогиба с постоянной выраженностью дифференцированных тектонических движений, усилением роста синклинальных депрессий и разделяющих их антиклинальных гряд, а также незначительной аккумуляцией терригенного материала (Плоскогорья..., 1971) обусловило сложное тектоническое (Тектоническая карта, 1962) и морфоструктурное строение территории (Аржанникова, Аржанников, 2005).

Подобная неоднородность прослеживается в месте слияния рек Большая и Малая Белая. Выше с. Бельск их долины широкие, с заболоченными поймами, старицами и свободно меандрирующим руслом. Ниже по течению — чередование участков врезанного и широкопойменного русла, с субпараллельно-линейным рисунком овражно-балочной сети, при наличии уступов-сбросов и других линеаментов (Аржанникова, Аржанников, 2005). Здесь река пересекает ряд впадин позднекайнозойского возраста, в пределах которых развит террасовый комплекс (Логачев и др., 1964; Литвинцев, Тараканова, 1970) высотой до 80 м. Отличительная особенность низких террас — небольшая ширина; высокие террасы морфологически не выражены (сглаженные уступы и бровки).

Участок исследования лежит в районе распространения кембрийских карбонатных песчаников и алевролитов, юрских известняков, доломитов, песчаников и галечников (Государственная..., 2012). В днищах долин на них залегают глины голуметской свиты неогена, четвертичные галечники и пески. Территория относится к Иркутско-Черемховскому гидроморфологическому району, для которого характерен выраженный летний паводок (Атлас, 2004). Средний многолетний расход воды варьирует от 61.35 м³/с (с. Тунгусы) до 168 м³/с (пос. Мишелевка), а среднегодовой расход взвешенных наносов за период с 1968 по 2010 г. составил 146 тыс. т (Информационная..., 2019).

Типизация пойменно-руслowych комплексов рек проведена на основе представлений отечественной школы географического русловедения (Маккавеев, 2003; Чернов, 2009; Чалов, 2011). Анализ окатанности обломков выполнен согласно (Хабакон, 1946; Бутаков, Дедков, 1971); изучены шесть разрезов (рис. 2), а также опубликованные материалы по строению низких террасовых уровней в нижнем течении р. Белая (Логачев и др., 1964; Мезолит..., 1971; Цейтлин, 1979; Holocene..., 2017; Bondetti et al., 2020).

Характеристика текстуры отложений дана в соответствии с принципами, предложенными в (Ботвинкина, 1965), в основе которых лежит применение генетических признаков слоистых текстур при литолого-фациальном анализе. Гранулометрический состав тонкозернистых отложений определен по средней пробе в стоячей воде методом пипетки (Вадюнина, Корчагина, 1986), минералогический состав — иммерсионным методом. Возраст погребенных почв и древесных остатков определен радиоуглеродным методом со сцинтилляционным измерением активности ¹⁴C в Санкт-Петербургском государственном университете и в Институте геологии и минералогии СО РАН по углероду гуминовых кислот.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В бассейне р. Белая выделяются три геоморфологических района с однородной структурой пойменно-руслowych комплексов (рис. 1).

Так, в пределах Предгорного района и Внутренних дельт рек Большая и Малая Белая — широкопойменный тип русел со свободным и адаптированным меандрированием, с ложбинно-проточно-островными типами пойм; общая площадь составляет 638 км² (рис. 2 (а, б)). Ширина высокой (до 3 м) поймы в Предгорном районе достигает 1.5 км, возрастающая в районе Внутренних дельт до 8 км. Функционирование пойменно-руслowych массивов характеризуется высокими скоростями плановых деформаций со значитель-

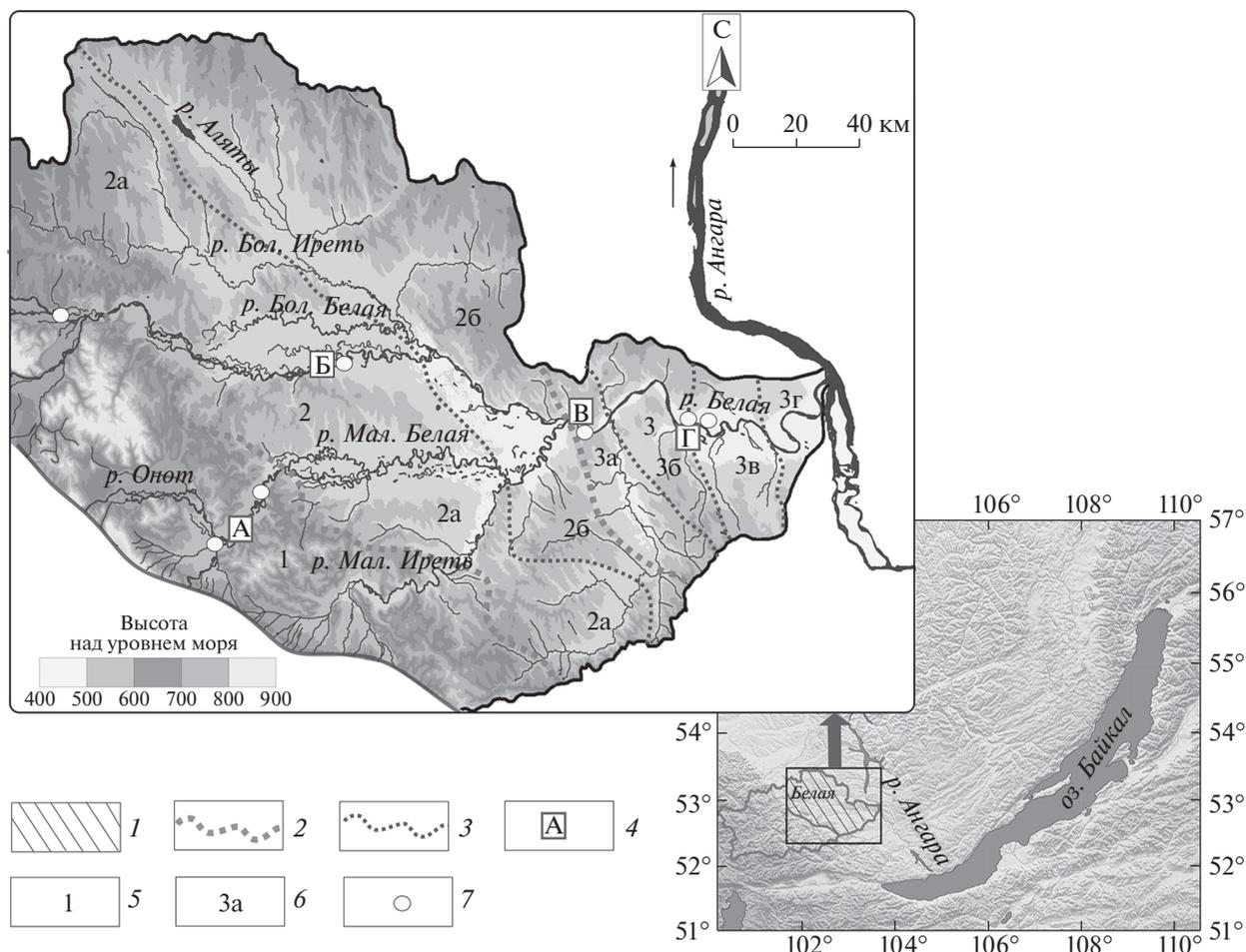


Рис. 1. Территория исследования и основные геоморфологические районы бассейна р. Белая.

1 – исследуемая часть бассейна; 2 – границы районов; 3 – границы подрайонов; 4 – участки наблюдений (А – долина р. Малой Белой, Б – долина р. Большой Белой, В–Г – долина р. Белой); 5 – геоморфологические районы бассейна р. Белой (1 – Предгорный, 2 – Внутренних дельт, 3 – Бельский); 6 – геоморфологические подрайоны бассейна р. Белой (2а – Иретский, 2б – Приустьевой, 3а – Мишелевский, 3б – Холмушинский, 3в – Тайтурский, 3г – Белореченский); 7 – точки отбора гальки.

Fig. 1. The study area and the main geomorphological regions of the Belaya river basin.

1 – studied part of the basin; 2 – borders of regions; 3 – boundaries of sub-districts; 4 – sites of observations (A – Malaya Belaya river valley, Б – Bol'shaya Belaya river valley, В–Г – Belaya river valley); 5 – geomorphological regions of the Belaya river basin (1 – Predgorniy, 2 – Inner Deltas, 3 – Belskiy); 6 – geomorphological sub-districts of the Belaya river basin (2a – Iretskiy, 2b – Priustyevoy, 3a – Mishelevskiy, 3b – Kholmushinskiy, 3v – Tayturskiy, 3g – Belorechenskiy); 7 – pebble sampling sites.

ным привносом материала со склонов в русло на беспойменных участках. Строение и состав отложений нижних частей высоких пойм типичны для рек горных территорий – это большая крупность отложений, что обусловлено высокими скоростями потоков при прохождении паводков по узкой пойме (Карташов, 1972; Чистяков, 1984; Макарова и др., 1984). Соотношение ширины поймы (V_p) и русла (V_r) – 9.62, уклон – 1.83‰.

Долинный рельеф района, который соответствует выделенной С.С. Воскресенским (1968) полосе “внутренних дельт”, несмотря на высокую динамику плановых русловых деформаций (Опекунова, 2020), отражает длительную и дина-

мичную историю развития пойменно-руслового рельефа. Соотношение V_r к V_p – 53, при том, что продольный уклон поймы остается значительным в прирусловой части (1.76‰), несколько снижаясь (0.93‰) в средней и притеррасовой частях. По строению и составу отложений пойму можно отнести к перстративному типу (Карташов, 1972).

Рельеф этого района представлен поймами ложбинно-островного и проточно-островного типов разных генераций, а также фрагментами первой террасы высотой до 6 м с сохранившимся пойменным рельефом. В правобережной части р. Большая Иреть хорошо сохранились фрагмен-

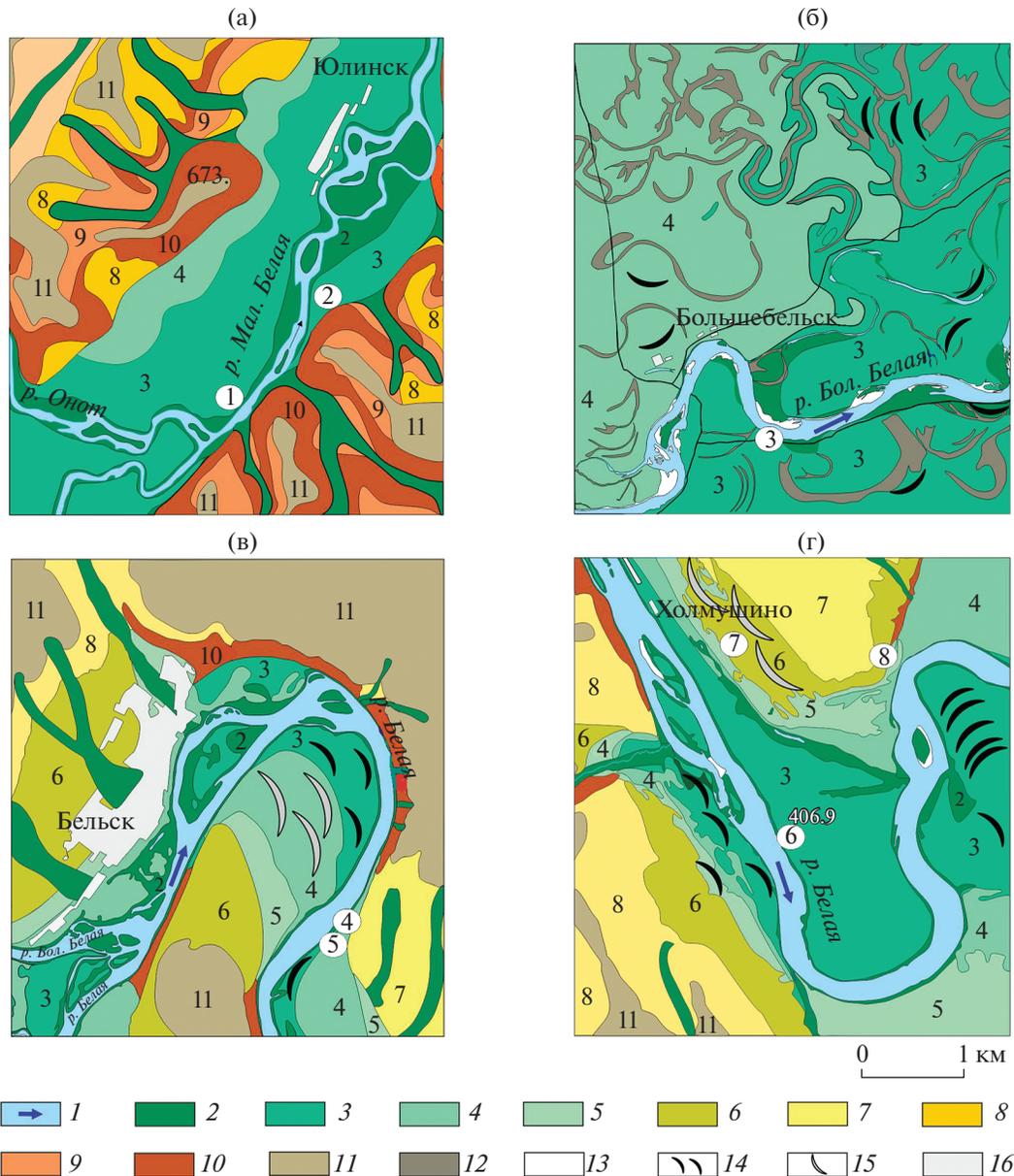


Рис. 2. Геоморфологические схемы речных долин бассейна Белой в пределах участков наблюдений: (а) – долина р. Малой Белой (Предгорный район); (б) – долина р. Большой Белой (район Внутренних дельт); (в, г) – долина р. Белой (Бельский район).

1 – водные объекты, направление течения; 2 – низкая пойма, долины временных и малых водотоков, ложбины стока; 3 – высокая пойма; *террасы*: 4 – первая, 5 – вторая, 6 – третья; 7 – комплекс средних и высоких террас; *склоны*: 8 – пологие, 9 – средней крутизны, 10 – крутые; 11 – водораздельные поверхности; 12 – система староречий и ложбин размыва; 13 – прирусловые и русловые отмели; 14 – гривы; 15 – эоловые гряды; 16 – застроенные территории. Разрезы пойменных отложений обозначены цифрами в пунсонах: 1 – Юлинск-1, 2 – Юлинск-2, 3 – Большая Белая, 4 – Грива, 5 – Понижение, 6 – Белая, 7 – Холмушино, 8 – Березовый.

Fig. 2. Geomorphological schemes of the river valleys of the Belaya basin within the observation sites: (а) – Malaya Belaya river valley (Predgorniy region), (б) – Bolshaya Belaya river valley (Inner Deltas region), (в–г) – Belaya river valley (Belskiy district).

1 – water bodies, direction of flow; 2 – low floodplain, valleys of temporary and small streams, runoff hollows; 3 – high floodplain; *terrace*: 4 – first, 5 – second, 6 – third; 7 – a complex of medium and high terraces; *slopes*: 8 – gentle, 9 – of medium steepness, 10 – steep; 11 – watershed surfaces; 12 – system of paleochannels and erosion troughs; 13 – near-channel and channel beaches; 14 – Alluvial ridges; 15 – Aeolian ridges; 16 – built-up areas. Sections of floodplain deposits are indicated by numbers in punches: 1 – Yulinsk-1, 2 – Yulinsk-2, 3 – Bolshaya Belaya, 4 – Griva, 5 – Ponizhenie, 6 – Belaya, 7 – Kholmushino, 8 – Berezovy.

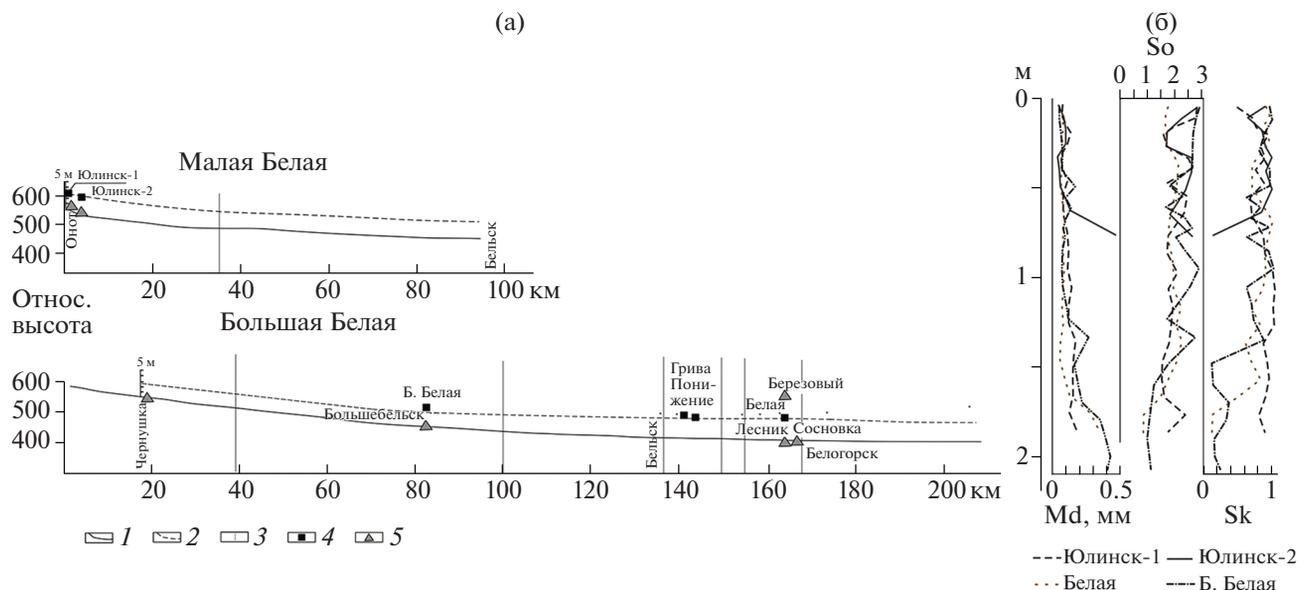


Рис. 3. Продольные профили русел и пойм рек Малая и Большая Белая на исследуемых участках (а) и медианный размер частиц пойменных осадков, коэффициенты сортированности и асимметрии (б).

Продольные профили: 1 – русел рек, 2 – высоких пойм; 3 – границы геоморфологических районов; 4 – исследуемые разрезы; 5 – точки отбора образцов гальки.

Fig. 3. Longitudinal profiles of channels and floodplains of the Malaya and Bolshaya Belaya rivers in the studied areas (a) and Median particle size of floodplain sediments, coefficients of sorting and asymmetry (б).

Longitudinal profiles: 1 – of river channels, 2 – of high floodplains; 3 – boundaries of geomorphological regions; 4 – studied sections; 5 – pebble sampling points.

ты палеорула р. Большая Белая. Ширина этих фрагментов, частично занятых р. Иреть, превышает ширину русла в среднем в 2–2.5 раза. Разрез Большая Белая заложен на правом берегу в уступе высокой поймы (рис. 2 (в)), в вершине пологой излучины. При прохождении паводков уступ активно разрушается склоновыми процессами: отседанием, осыпанием, обваливанием блоков грунта. Русло в пределах этого участка характеризуется как разветвленно-извилистое с пойменными разветвлениями. Пойма на правом берегу неширокая – до 0.7 км, ограничивается коренным склоном. Хорошая сохранность отложений разреза Большая Белая объясняется тем, что он находится в “эрозионной тени” – в сегменте между двумя ложбинами палеорул смежных излучин.

После слияния Малой и Большой Белой (Бельский район) (рис. 2 (в, г)), вследствие морфоструктурной неоднородности, увеличивается вариабельность сочетания типов пойм и русел. Большую часть долины здесь занимают участки адаптированного типа русла (рис. 2 (в)) – 40 км (50.5% протяженности); широкопойменное русло развито в пределах Холмушинского подрайона (рис. 2 (г)) – 26 км (33%). Для остальной части характерен врезанный тип русла – 13 км (16.5%). В пределах этого района получили развитие поймы плоского и сегментно-гривистого, а также скелетного типов, которые имеют признаки направ-

ленного врезания, ступенчатое строение; включают три уровня: низкий, средний и высокий.

Средний уклон русла в пределах исследуемого участка составляет 0.89‰, что соответствует уклону горных рек (Назаров и др., 2006); уклон поймы 0.69‰. Продольные профили русла и поймы идентичны, характерны для рек с выработанным профилем и обладают близкими значениями уклонов в предгорной части бассейна. Ниже по течению падение русла незначительно превышает уклон поймы, достигая максимума в устьевой части долины (слияние Малой и Большой Белой) (рис. 3 (а)). Повышение уровня высокой поймы относительно русла, которое начинается на участке ниже слияния Малой и Большой Белой объясняется общим преобладанием процессов врезания (развитием врезанных и адаптированных русловых типов).

Разрезами в пределах высокой поймы вскрыты различные фации аллювиальных отложений, перекрытые маломощными покровными образованиями. Галечниковые отложения **русловой фации** вскрываются в подошве разрезов Юлииск-1, Юлииск-2 и Большая Белая, расположенных в средней части бассейна. В разрезах Юлииск-1 и Юлииск-2 они резко контактируют с перекрывающими их песками пойменной фации, тогда как в разрезе Большая Белая этот переход осуществляется через косослоистые пески фации прирус-

Таблица 1. Статистические и морфометрические характеристики руслового аллювия рек бассейна Белая
Table 1. Statistical and morphometric characteristics of channel alluvium in the rivers of the Belaya basin

№ пробы, место отбора	Мах, см	Мин, см	М, см	Ме, см	Mod, см	So
1. Река Малая Белая (устье р. Онот), рядом с Юлинка-1	14.0	2.0	6.0	6.0	6.0	1.07
2. Река Малая Белая (Юлинка-2)	15.0	2.0	7.01	6	6	1.06
3. Река Большая Белая, пос. Новостройка	19	2.0	6.75	6.0	5.0	1.05
4. Река Большая Белая, пос. Большебелъск	18.0	3.0	7.74	8.0	8.0	1.04
5. Река Белая (прирусловая отмель у с.п. Сосновка)	10.0	1.0	5.43	4.0	3.0	1.05
6. Река Белая (прирусловая отмель у с.п. Лесник)	12.0	1.0	4.18	5.0	4.0	1.05
7. Река Белая (вторая терраса разрез Березовый)	9.0	2.0	2.0	3.0	3.0	1.07

Примечание: Мах – максимальная длина обломка, Мин – минимальная длина обломка, М – средняя арифметическая, Ме – медианный диаметр, Mod – мода, So – коэффициент сортированности.

Таблица 2. Минералогический состав аллювия высоких пойм в бассейне р. Белая
Table 2. Mineralogical composition of alluvium from high floodplains in the basin of the Belaya River

Минерал	Разрез			
	Юлинка-2	Большая Белая	Белая	Березовый
<i>Легкая фракция, %</i>				
Кварц	53.0	64.6	47.1	61.2
Полевые шпаты	15.4	15.4	19.0	19.8
Слюда	4.5	3.4	0.1	2.1
Обломки пород	19.2	12.0	29.1	10.6
<i>Тяжелая фракция, %</i>				
Магнетит	1.5	0.2	0.5	0.9
Ильменит	0.4	0.1	0.4	0.2
Гранаты	0.5	0.3	0.5	0.2
Амфибол-пироксен	6.2	3.7	3.5	4.5
Эпидот	1.0	0.2	0.3	0.9
Дистен	0.3	–	0.1	0.1
Циркон	0.2	0.1	0.1	0.1

ловой отмели. Помимо указанных разрезов русловые отложения опробовались нами в районе с. Новостройка (рис. 3, табл. 1), на прирусловых отмелях у с. Сосновка и Лесник (рис. 3, табл. 1).

Медианный диаметр галечниковых отложений закономерно уменьшается вниз по течению, исключая участки, расположенные ниже впадения крупных притоков (р. Большая Белая – пос. Новостройка) (табл. 1). В составе пород руслового галечникового материала р. Малая Белая (устье р. Онот) преобладают базальт, андезит, гранит; встречаются кварцит, лиственит, серпентинит и конгломераты. В петрографическом составе русловых галечников р. Большая Белая (пос. Большебелъск) преобладают базальт и гра-

нит, встречаются гнейс, кварцит и кварц. Окатанность галечникового материала, отобранного в прирусловой отмели и пойме р. Малой Белой, составляет 75%, что говорит о преобладании в пробах обломков 4 и 3 классов окатанности. Коэффициент сортированности довольно однороден, что характерно для рек с выработанным профилем. Также во всех исследуемых разрезах наблюдаются облегчение гранулометрического состава и некоторое уменьшение размера песков (заполнителя) по направлению от истоков к устью. В составе легкой фракции песков заполнителя преобладает кварц, значительную часть составляют полевые шпаты, присутствуют слюды и обломки пород (табл. 2, разрез Юлинка-2). В составе тяже-

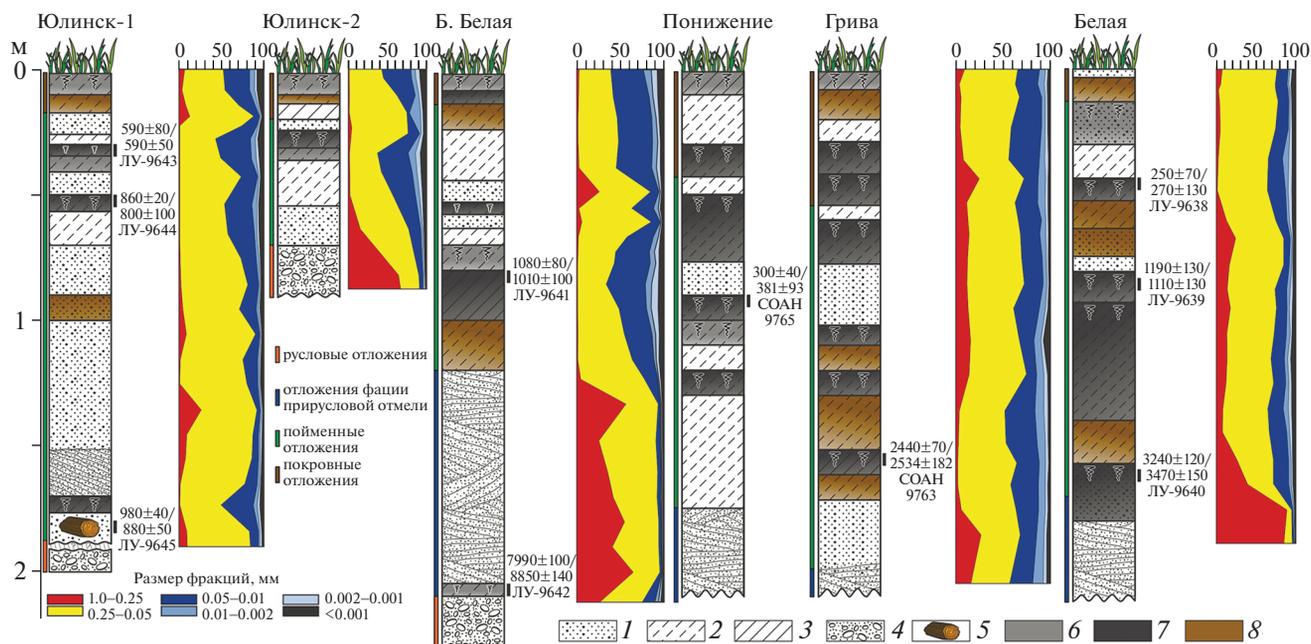


Рис. 4. Строение исследуемых участков пойм, их гранулометрический состав отложений и их радиоуглеродный/календарный возраст.

1 – пески; 2 – супеси; 3 – суглинки; 4 – галечники; 5 – древесные остатки; 6 – серогумусовые горизонты погребенных почв; 7 – темногумусовые горизонты погребенных почв; 8 – срединные горизонты погребенных почв.

Fig. 4. The structure of the studied areas of floodplains, particle-size composition of sediments and their radiocarbon/calendar age.

1 – sands; 2 – sandy loam; 3 – loams; 4 – pebbles; 5 – woody remains; 6 – gray-humus horizons of buried soils; 7 – dark humus horizons of buried soils; 8 – middle horizons of buried soils.

лой фракции основная роль принадлежит минералам группы амфиболов и пироксенов, а также магнетиту и эпидоту.

Крупно-среднезернистые пески **фации прирусловой отмели**, помимо разреза Бол. Белая, фиксируются также и в подошвах разрезов нижнего течения р. Белая (Понижение, Грива, Белая) (рис. 4). Для них характерна косоволнистая слоистость с различными углами наклона слойков и мощностью серий. Отмечаются низкие значения коэффициента асимметрии (S_k), повышенный медианный размер (M_d). При этом коэффициент сортировки (S_o) близок к 1, что отражает высокую степень сортировки этих песков. В составе легкой фракции песков разреза Большая Белая отмечается еще более выраженное доминирование кварца (табл. 2), равные количества полевых шпатов, при более низком участии слюд и обломков пород. В составе тяжелой фракции заметно снижается участие амфиболов и пироксенов, магнетита и эпидота. При этом ниже по течению (разрез Белая) легкая фракция содержит значительное количество обломочных включений, практически не содержит слюд, содержание кварца существенно снижается, за счет большего участия полевых шпатов. Отмечается слабая окатанность минералов. Преобладают полуокатанные зерна

(2 класс). Время начала аккумуляции отложений в зоне прирусловой отмели относится к рубежу раннего и среднего голоцена (разрез Большая Белая) и определяется в 8.8 тыс. кал. л. н. (рис. 4).

Пески **пойменной фации** в средней части бассейна (разрезы Юлинск-1, Юлинск-2, Большая Белая) преимущественно мелкозернистые, с неясной пологоволнистой слоистостью. Вниз по течению заметно снижаются сортированность осадков и их медианный размер. Отложения данной фации приобретают супесчаный характер, не имеют ясно выраженной слоистой текстуры. Указанные изменения совпадают с повышением проработанности пойменных отложений педогенезом. Начало аккумуляции песков в нижнем течении в условиях поймы относится ко второй половине среднего голоцена (3.4 тыс. кал. л. н., разрез Белая). В разрезе Грива почва, сформированная на полуметровой толще пойменных отложений, датируется началом позднего голоцена (2.5 тыс. кал. л. н.). Аллювиальные отложения в средних частях пойменных пачек имеют возраст, близкий к 1 тыс. лет в разрезах Бол. Белая и Белая. Возраст кровли пойменных отложений определяется в 270 ± 130 кал. л. н. в разрезе Белая и 380 ± 90 кал. л. н. в разрезе Понижение (рис. 4). В среднем течении (разрез Юлинск-1) возраст пес-

ков пойменной фации значительно моложе; древесные остатки, залегающие в подошве пачки, датируются 880 ± 50 кал. л. н. Возраст погребенных почв, сформированных в верхней части пойменных отложений, здесь составил 800 ± 100 кал. л. н. и 590 ± 50 кал. л. н.

Покровные отложения в кровле разрезов сложены суглинками и супесями, проработанными почвообразованием. В разрезе Белая гумусовый горизонт почвы дефлирован. Сохранившаяся часть профиля перекрыта переветными аллювиальными песками (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основные различия в медианном размере частиц и их сортированности отмечаются в вертикальном профиле (между различными фациями отложений). Тем не менее, если для отложений пойменной фации, залегающих преимущественно в пределах первого метра, Md практически сходен, то ниже, в пределах субфации прирусловой отмели и стрежневой субфации русловых отложений, отмечается укрупнение осадков для разрезов, находящихся выше по течению (рис. 3 (б), 4). Эта закономерность проявляется независимо от неоднородного морфоструктурного строения территории. Вероятно, это связано с малой продолжительностью формирования поймы. Свою роль, возможно, сыграли снижение гидродинамической активности потока вниз по течению и слабое проявление тектонических движений во время формирования поймы (Плоскогорья..., 1971). Подтверждением этому может служить плавность продольных профилей поймы и русла, отсутствие резких перегибов (рис. 3). Средний уклон русла р. Большая Белая на всем протяжении составляет 0.89‰, уклон поймы – 0.69‰. Продольные профили русла и поймы имеют близкие значения уклонов в предгорной части бассейна; ниже по течению падение русла незначительно превышает уклон поймы, достигая максимума в устьевой части долины (после слияния Малой и Большой Белой). Тем не менее, учитывая морфоструктурную неоднородность исследуемой территории и наличие сейсмодислокаций в рыхлых отложениях, датированных поздним плейстоценом (Чипизубов и др., 2001; Аржанникова и др., 2008) и голоценом (Аржанникова, Аржанников, 2005), необходимы дальнейшие исследования для оценки участия тектонического фактора в формировании рассматриваемых речных долин.

Минералогический состав отложений Большой и Малой Белой в целом сходен, за исключением некоторого обеднения состава тяжелой фракции в песках разреза Большая Белая. При этом с ними сходен и каргинский аллювий, опробованный нами в пределах второй террасы (разрез Березовый, табл. 2). Это может свидетель-

ствовать в пользу постоянства источников сноса и отсутствия существенных перестроек речной сети в течение длительного времени. Такая точка зрения согласуется с общим анализом рельефа исследуемой территории (Плоскогорья..., 1971). Для отложений голоцена южной части Сибирской платформы источниками сноса служили породы ее фундамента (в горном обрамлении) и чехла (в равнинной). Процесс седиментации происходил при постоянстве питающих провинций.

Однако из этой общей закономерности выбивается минералогический состав песков в нижнем течении (разрез Белая). При столь же бедном составе тяжелой фракции значительно растет количество обломков пород и полевых шпатов, снижается количество кварца и слюд. Мы не можем объяснить эти различия влиянием гранулометрического состава осадков на их минералогический состав (вследствие изменения гидродинамического режима реки и выпадения более грубого материала выше по течению), так как основные изменения наблюдаются именно в пределах песчаных фракций (>0.25 мм). Миграция частиц этой размерности осуществляется преимущественно волочением и сальтацией. При этом удельный вес и форма частиц не играют существенной роли (Лазаренко, 1964). С этой точки зрения вполне логичным смотрится снижение участия амфиболов, пироксенов и слюд. Однако это не объясняет увеличения полевых шпатов, которые относятся к одним из наименее прочных минералов, при одновременном снижении участия одного из наиболее устойчивых минералов – кварца.

Одним из основных объяснений данному явлению мы предлагаем возможное поступление материалов из местных источников сноса. Это могут быть довольно выветрелые породы (о чем говорят повышенные количества полевых шпатов и обломков пород), размываемые одним из притоков р. Белой. Участие таких источников сноса вполне характерно для условий Приаянского предгорного прогиба (Плоскогорья..., 1971), однако необходимы дополнительные исследования, чтобы говорить о том, какие из притоков могут обусловить эти выносы.

В то время как на месте нынешней высокой поймы происходит завершение аккумуляции руслового аллювия, на первых террасах осуществляется переход от пойменного осадконакопления к субэральному (Holocene..., 2017; Логачев и др., 1964). Смена фаций хронологически совпадает с границей раннего и среднего голоцена. В разрезах первой террасы в это время формируются темногумусовые почвы, для накопления органического вещества которых необходим плотный травянистый покров. На его развитие указывает, в частности, затухание эоловых процессов в нижнем течении р. Белая, после чего эоловый перенос на

данном участке себя уже значительно не проявлял (Голубцов и др., 2020). В это время в регионе наблюдается одна из наиболее выраженных фаз расширения таежных ландшафтов, совпадающая с повышением количества осадков (Kobe et al., 2020). Однако предполагается, что оно компенсируется ростом летних температур и испаряемости (Tarasov et al., 2009). Такие условия могли обусловить значительное снижение руслоформирующих расходов воды и затопления пойм. Учитывая тот факт, что реки исследуемой территории характеризуются руслоформирующими расходами воды, которые проходят при затопленной пойме (Чалов, 2011) (т.е. в основном периодические русловые и береговые деформации происходят в период летних паводков), можно предполагать, что основную роль играло снижение количества осадков в летний период. Развитие полноразвитых почв на поймах того времени, фиксирующееся помимо бассейна р. Белой и на обширных территориях Северной Евразии, свидетельствует о длительности этого периода (Сидорчук и др., 2012).

Радиоуглеродная дата, полученная из подошвы песков пойменной фации разреза Белая в нижнем течении реки, свидетельствует о начале аккумуляции пойменных отложений около 3.4 тыс. кал. л. н. Этот период хронологически соответствует поздне-суббореальному похолоданию, выделенному (Хотинский, 1977). В Селенгинском среднегорье эта фаза совпадает с периодом активизации эрозионно-аккумулятивных процессов рельефообразования 3.6–3.0 тыс. кал. л. н. (Голубцов и др., 2017) и геоморфологическим оформлением первой террасы в малых водосборных бассейнах (Рыжов и др., 2021). В субаэральных отложениях Прибайкалья в это время фиксируются следы морозобойного растрескивания и значительное участие пылины в спорово-пыльцевых спектрах (Воробьева и др., 1992). Относительно холодные и сухие условия этого времени на исследуемой территории предполагаются и по данным изучения почвенных карбонатных новообразований (Golubtsov et al., 2021). Обозначенные изменения в осадконакоплении и их корреляция с региональными климатическими изменениями могут свидетельствовать о преимущественной роли климата и связанных с ним изменений флювиальной активности в формировании пойм исследуемой территории. Это соответствует представлениям о бассейнах средних рек как наиболее репрезентативных для соответствующих физико-географических зон, так как динамика их стока определяется прежде всего климатическими факторами (Георгиевский, Шалыгин, 2012).

Вниз по течению на поймах наблюдаются различия в частоте и уровне паводков, что косвенно находит отражение в периодичности и длительности процессов почвообразования. Так, в разре-

зах Юлинка-1 и Юлинка-2, а также Большая Белая уровни педогенеза немногочисленны, в то время как в разрезах Белая, Понижение и Грива толщи аллювиальных осадков практически повсеместно проработаны почвообразованием. Почвы при этом, как правило, значительно гумусированы и дифференцированы на генетические горизонты, что говорит о длительности пребывания пойменных поверхностей в субаэральном состоянии при отсутствии паводков.

ВЫВОДЫ

1. Отмечается зависимость морфодинамических русловых и связанных с ними типов пойм от морфоструктуры территории. Наиболее ярко это иллюстрирует синхронное развитие идентичных пойменно-русловых типов у водотоков в пределах одной морфоструктуры. Так, в Предгорном районе и районе Внутренних дельт реки Малая и Большая Белая обладают абсолютно идентичными морфодинамическими русловыми и пойменными типами.

2. Строение пойменных отложений отражает морфодинамику пойменно-русловых комплексов. Так, в разрезах Юлинка-1 и Юлинка-2 отсутствует фация прирусловой отмели. При этом молодой возраст нижних слоев разреза Юлинка-1 может указывать на уничтожение более древних толщ. Такие признаки можно считать показателями динамичности русел горных территорий для рек рассматриваемого бассейна. В то же время формирование и сохранность почвенных серий, а также их относительно древний возраст, несомненно, указывают на стабильность поверхности. Эти черты пойменных отложений характерны для разрезов, расположенных в нижнем течении рек (Большая Белая, Грива, Понижение, Белая). Таким образом, пойменные отложения разрезов Юлинка-1, Юлинка-2 больше соответствуют аллювию горных областей, тогда как отложения остальных разрезов характерны для равнинных территорий.

3. Наиболее вероятно, что исследуемые поймы формировались в условиях стабильной геодинамической обстановки, о чем могут свидетельствовать форма продольных профилей поймы и русла, изменение гранулометрического состава пойменных отложений вниз по течению и отсутствие сейсмодислокаций с подтвержденным голоценовым возрастом в бассейне.

4. Процесс седиментации осадков на поймах происходил при постоянстве питающих провинций. В нижнем течении заметную роль в поступлении материала играли местные источники.

5. Ряд выраженных изменений в осадконакоплении в пределах исследуемых пойм хронологически соотносятся с региональными климатиче-

скими изменениями, что может свидетельствовать о значительной роли климата и связанных с ним изменений флювиальной активности в формировании пойм исследуемой территории. Тем не менее на данный момент такие изменения маркируются здесь единичными радиоуглеродными датами. Учитывая дискретность руслового процесса и осадконакопления в долине, необходимы дальнейшие исследования для верификации этого предположения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 22-27-00326 “Специфика формирования и факторы развития речных долин бассейнов левых притоков Ангары: современная динамика и палеогеографические аспекты”) (определение гранулометрического и минералогического состава отложений, морфометрических характеристик аллювия, подготавливаемых рукописи) и в рамках государственных заданий АААА-А21-121012190055-7 и АААА-А21-121012190017-5 (полевые исследования, радиоуглеродное датирование почв и отложений).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аржанникова А.В., Аржанников С.Г., Акулова В.В.* Следы подпорного палеозера в рельефе и осадках главных речных долин юга Иркутского амфитеатра // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 2. С. 161–170.
- Аржанникова А.А., Аржанников С.Г.* Проявления новейших тектонических деформаций на юге Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 2. С. 273–279.
- Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.: Иркутск, 2004. 90 с.
- Ботвинкина Л.Н.* Методическое руководство по изучению слоистости. М.: Изд-во Наука, 1965. 263 с.
- Бутаков Г.П., Дедков А.П.* Аналитическое изучение крупнообломочного материала. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1971. 81 с.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Воробьева Г.А., Горюнова О.И., Савельев Н.А.* Хронология и палеогеография голоцена юга Средней Сибири // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1992. С. 174–181.
- Воскресенский С.С.* Геоморфология СССР. М.: Высшая школа, 1968. 367 с.
- Гарцман Б.И., Губарева Т.С., Кичигина Н.В.* Возможности оценки обеспеченности максимальных расходов рек Приангарья // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2. Вып. 4. С. 347–364. <https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.4.347>
- Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.Л.* Гидрологический режим и водные ресурсы. Глава 2 // Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем. М.: НИЦ “Планета”, 2012. С. 53–86.
- Гласко М.П., Александровский А.Л.* Взаимодействие аллювиальных и почвообразовательных процессов на разных этапах формирования пойм равнинных рек в голоцене (на примере рек центральной части Восточно-Европейской равнины) // Геоморфология. 2014. № 4. С. 3–16. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2014-4-3-16>
- Голубцов В.А., Опекунова М.Ю., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю.* Эоловые процессы в лесостепных ландшафтах Верхнего Приангарья в голоцене // География и природные ресурсы. 2020. № 4. С. 142–151. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-4\(142-151\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-4(142-151))
- Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В.* Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2017. 139 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации [Текст]. Масштаб 1: 1000000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-48–Иркутск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 574 с.
- Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России [Электронный ресурс]. URL: <http://gis.vodinfo.ru> (дата обращения: 20.10.2019).
- Карташов И.П.* Основные закономерности геологического развития рек горных стран (на примере северо-востока СССР). М.: Наука, 1972. 245 с.
- Кичигина Н.В.* Опасность наводнений на реках Байкальского региона // География и природные ресурсы. 2018. № 2. С. 45–51. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-2\(41-51\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-2(41-51))
- Лазаренко А.А.* Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны // Труды ГИН. Выпуск 120. М.: Наука, 1964. 236 с.
- Литвинцев Г.Г., Тараканова Г.И.* К вопросу о стратиграфии четвертичных отложений Иркутского амфитеатра // Геология и полезные ископаемые юга Сибирской платформы. Л.: Недра, 1970. С. 88–106.
- Логачев Н.А., Ломоносова Т.К., Климанова В.М.* Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М.: Наука, 1964. 195 с.
- Макарова Н.В., Чистяков А.А., Акинин Б.Е.* Закономерности формирования мощности аллювия горных рек // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1984. № 68. С. 70–81.
- Маккавеев Н.И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Географический факультет МГУ, 2003. 355 с.
- Мезолит Верхнего Приангарья. Ч. 1. Памятники Ангаро-Бельского и Ангаро-Идинского районов. Иркутск: Изд. Иркутск. ун-та, 1971. 242 с.
- Назаров Н.Н., Чалов Р.С., Чалов С.Р., Чернов А.В.* Продольные профили, морфология и динамика русел

- рек горно-равнинных областей // Географический вестник. 2006. № 2. С. 40–52.
- Опекунова М.Ю.* Антропогенный фактор экстремального проявления флювиальных процессов в долине реки Большой Белой в 2019 году (Иркутская область) // География и природные ресурсы. 2020. № 5. С. 503–512.
[https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-5\(128-133\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(128-133))
- Панин А.В., Сидорчук А.А., Чернов А.В.* Основные этапы формирования пойм равнинных рек Северной Евразии // Геоморфология. 2011. № 3. С. 20–31.
- Плоскогорья и низменность Восточной Сибири / Н.А. Флоренсов. М.: Наука, 1971. 320 с.
- Рыжов Ю.В., Голубцов В.А., Опекунова М.Ю.* Формирование террас р. Тарбагатайки (Западное Забайкалье) в позднеледниковье и голоцене // География и природные ресурсы. 2021. № 2. С. 132–140.
<https://doi.org/10.15372/GIPR20210214>
- Савельев Н.А., Уланов И.В.* Керамика эпохи неолита мультислойчатого местонахождения Горелый Лес (Южное Приангарье) // Известия ИГУ. Серия “Геоархеология. Этнология. Антропология”. 2018. Т. 26. С. 46–85.
- Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Борисова О.К.* Снижение стока рек равнин Северной Евразии в оптимум голоцена // Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 1. С. 40–53.
- Тектоническая карта. Масштаб 1: 4000000 / Атлас Иркутской области. 1962. М.—Иркутск: ГУГК СССР, С. 18–19.
- Хабаков Е.В.* Об индексах окатанности галечников // Советская геология. 1946. № 10. С. 17.
- Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
- Цейтлин С.М.* Геология палеолита Северной Азии. М.: Наука, 1979. 287 с.
- Чалов Р.С.* Русловедение: теория, география, практика. Т. 2. Морфодинамика речных русел. М.: КРАСАНД, 2011. 960 с.
- Чернов А.В.* География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Крона, 2009. 682с.
- Чипизубов А.В., Аржанникова А.В., Воробьева Г.А., Бердникова Н.Е.* Погребенные палеосейсмодислокации на юге Сибирской платформы // ДАН. 2001. Т. 379. № 1. С. 101–103.
- Чистяков А.А.* О поймах и пойменном аллювии в горных долинах // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1984. № 53. С. 107–117.
- 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.
<https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-6-4>
- Benito G., Macklin M.G., Panin A., Rossato S., Fontana A., Jones A.F., Machado M.J., Matlakhova E., Mozzi P., and Zielhofer C.* Recurring flood distribution patterns related to short-term Holocene climatic variability // Scientific Reports. 2015. Vol. 5.
<https://doi.org/10.1038/srep16398>
- Bird B.W., Barr R.C., Commerford J., Gilhooly W.P., Wilson J.J., Finney B., McLauchlan K., and Monaghan W.G.* Late-Holocene floodplain development, land-use, and hydroclimate–flood relationships on the lower Ohio River, US // The Holocene. 2019. Vol. 29. P. 1856–1870.
<https://doi.org/10.1177/0959683619865598>
- Bondetti M., Lucquin A., Savel'ev N., Weber A., Craig O., and Jordan P.* Resource processing, early pottery and the emergence of Kitoi culture in Cis-Baikal: Insights from lipid residue analysis of an Early Neolithic ceramic assemblage from the Gorelyi Les habitation site, Eastern Siberia // Archaeological Research in Asia. 2020. Vol. 24.
<https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100225>
- Charlton R.* Fundamentals of Fluvial Geomorphology. Routledge, London. 2008. 234 p.
- Golubtsov V., Bronnikova M., Khokhlova O., Cherkashina A., and Turchinskaja S.* Morphological and isotopic study of pedogenic carbonate coatings from steppe and forest-steppe areas of Baikal region, South-Eastern Siberia // Catena. 2021. Vol. 196.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104817>
- Hoffmann T., Erkens G., Cohen K.M., Houben P., Seidel J., and Dikau R.* Holocene floodplain sediment storage and hillslope erosion within the Rhine catchment // The Holocene. 2007. Vol. 17. P. 105–118.
<https://doi.org/10.1177/0959683607073287>
- Kobe F., Bezrukova E., Leipe C., Shchetnikov A., Goslar T., Wagner M., Kostrova S., and Tarasov P.* Holocene vegetation and climate history in Baikal Siberia reconstructed from pollen records and its implications for archaeology // Archaeological Research in Asia. 2020. Vol. 23.
<https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100209>
- Nomokonova T. and Losey R.J.* Holocene zooarchaeology of Cis-Baikal. Mainz: Nünnerich-Asmus Verl. & Media GmbH, 2017. 144 p.
- Pears B., Brown A., Toms P., Wood J., Sanderson D., and Jones R.* A sub-centennial-scale optically stimulated luminescence chronostratigraphy and late Holocene flood history from a temperate river confluence // Geology. 2020. Vol. 48. P. 819–825.
<https://doi.org/10.1130/G47079.1>
- Tarasov P.E., Bezrukova E.V., and Krivonogov S.K.* Late glacial and Holocene changes in vegetation cover and climate in southern Siberia derived from a 15 kyr long pollen record from Lake Kotokel // Climate of the Past. 2009. Vol. 5. P. 285–295.
<https://doi.org/10.5194/cp-5-285-2009>
- Wolf D. and Faust D.* Western Mediterranean environmental changes: Evidences from fluvial archives // Quaternary Science Reviews. 2015. Vol. 122. P. 30–50.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.04.016>

STRUCTURE AND CHRONOLOGY OF FLOODPLAIN DEPOSITS WITHIN BELAYA RIVER BASIN (UPPER ANGARA REGION)

V. A. Golubtsov^{a,b,#} and M. Yu. Opekunova^{a,##}

^a*Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

^b*Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia*

[#]*E-mail: tea_88@inbox.ru*

^{##}*E-mail: opek@mail.ru*

Floodplain deposits are important paleo-hydrological archive used to reconstruct fluvial processes and their fluctuation during the Holocene. The floodplain sedimentological record extends the historical observations of extreme hydrological events and allows to estimate their frequency. Study results of high floodplains deposits within Belaya River basin are presented. Morphodynamic zonation of the basin revealed the relationship between characteristics of floodplain-channel complex with areal morpho-structures. Sedimentary texture, mineral composition, grain size, and radiocarbon age of sediments were used to define floodplain facies. In the lower part of the basin floodplain is mostly built from the local sediment sources. In the upper basin near the mountains floodplain deposits are lacking facies adjacent to the channel. The age of sandy facies in the upper basin is younger (800–900 years) than in the lower basin (2.5–3.4 ka years) and indicates the more dynamic channel processes near the mountains. At the same time, older age of soils developed on the floodplains in the lower basin indicate their stable development through time. Change in sedimentology at 8.8 ka cal. years and 3.4 ka cal. years chronologically correlates with climate change episodes indicating the important role of climate on floodplain formation.

Keywords: river valley, floodplain-channel complex, alluvial deposits, Holocene, Baikal Region

ACKNOWLEDGEMENTS

The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 22-27-00326 “Specifics of the formation and factors of development of river valleys of the basins of the left tributaries of the Angara: modern dynamics and paleogeographic aspects”) (determination of the granulometric and mineralogical composition of sediments, morphometric characteristics of alluvium, manuscript preparation) and within the framework of the state tasks AAAA-A21-121012190055-7 and AAAAA-A21-121012190017-5 (field research, radiocarbon dating of soils and sediments).

REFERENCES

- Arzhannikova A.A. and Arzhannikov S.G. Seismotectonic deformation in the southwestern Siberian craton. *Russian Geology and Geophysics*. 2005. Vol. 46 (3). P. 272–277. (in Russ.)
- Arzhannikova A.V., Arzhannikov S.G., and Akulova V.V. Traces of dammed paleolake activity in the main valley relief and fill in the south of the Irkutsk Amphitheater. *Russian Geology and Geophysics*. 2008. Vol. 2. P. 124–131. (in Russ.)
- Atlas. Irkutskaya oblast': ekologicheskie usloviya razvitiya* (Atlas. Irkutsk region: environmental conditions for the development). Ed. tip: V. Vorobyev etc. M.—Irkutsk. 2004. 90 p. (in Russ.)
- Benito G., Macklin M.G., Panin A., Rossato S., Fontana A., Jones A.F., Machado M.J., Matlakhova E., Mozzi P., and Zielhofer C. Recurring flood distribution patterns related to short-term Holocene climatic variability. *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. 16398. <https://doi.org/10.1038/srep16398>.
- Bird B.W., Barr R.C., Commerford J., Gilhooly W.P., Wilson J.J., Finney B., McLauchlan K., and Monaghan W.G. Late-Holocene floodplain development, land-use, and hydroclimate-flood relationships on the lower Ohio River, US. *The Holocene*. 2019. Vol. 29. P. 1856–1870. <https://doi.org/10.1177/0959683619865598>.
- Bondetti M., Lucquin A., Savel'ev N., Weber A., Craig O., and Jordan P. Resource processing, early pottery and the emergence of Kitoi culture in Cis-Baikal: Insights from lipid residue analysis of an Early Neolithic ceramic assemblage from the Gorelyi Les habitation site, Eastern Siberia. *Archaeological Research in Asia*. 2020. Vol. 24. 100225. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100225>.
- Botvinkina L.N. *Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu sloistosti* (Methodological guide to the study of layering). M.: Nauka (Publ.), 1965. 263 p. (in Russ.)
- Butakov G.P. and Dedkov A.P. *Analiticheskoe izuchenie krupnooblochnogo materiala* (Analytical study of large-block material). Kazan: KSU (Publ.), 1971. 81 p. (in Russ.)
- Chalov R.S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T. 2. Morfodinamika rechnykh rusel* (Riverbed science: theory, geography, practice. Vol. 2. Morphodynamics of river channels). M.: KRASAND (Publ.), 2011. 960 p. (in Russ.)
- Charlton R. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. Routledge, London. 2008. 234 p.
- Chernov A.V. *Geografiya i geokologicheskoe sostoyanie rusel i poim rek Severnoi Evrazii* (Geography and geoecological state of riverbeds and floodplains of Northern Eurasia.). M.: Krona (Publ.), 2009. 682 p. (in Russ.)
- Chipizubov A.V., Arzhannikova A.V., Vorobyeva G.A., and Berdnikova N.E. Buried paleoseismic locations in

- the south of the Siberian platform. *Doklady Earth Sciences*. 2001. Vol. 379. No. 5. P. 586–588. (in Russ.)
- Chistyakov A.A. On floodplains and floodplain alluvium in mountain valleys. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. 1984. No. 53. P. 107–117. (in Russ.)
- Florensov N.A. (Ed.) Ploskogor'ya i nizmennosti Vostochnoi Sibiri (Plateau and lowlands of Eastern Siberia). M.: Nauka (Publ.), 1971. 321 p. (in Russ.)
- Gartsman B.I., Gubareva T.S., and Kichigina N.V. Possibilities of assessing the flood runoff probability in Angara region (Iya River as example). *Gidrosfera. Opasnye processy i yavleniya*. 2020. Vol. 2. Iss. 4. P. 347–364. (in Russ.)
<https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.4.347>
- Georgievsky V.Yu. and Shalygin A.L. Hydrological regime and water resources. Chapter 2. *Metody otsenki posledstviy izmenenii klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem*. M.: NITs "Planet" (Publ.), 2012. P. 53–86. (in Russ.)
- Glasko M.P. and Aleksandrovsii A.L. Interaction of alluvial and soil-forming processes at different stages of formation of floodplains of lowland rivers in the Holocene (on the example of rivers of the central part of the East European plain). *Geomorfologiya*. 2014. No. 4. P. 3–16. (in Russ.)
<https://doi.org/10.15356/0435-4281-2014-4-3-16>
- Golubtsov V., Bronnikova M., Khokhlova O., Cherkashina A., and Turchinskaia S. Morphological and isotopic study of pedogenic carbonate coatings from steppe and forest-steppe areas of Baikal region, South-Eastern Siberia. *Catena*. 2021. Vol. 196. 104817.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104817>
- Golubtsov V.A., Opekunova M.Yu., Maksimov F.E., and Petrov A.Yu. Aeolian processes in the forest-steppe landscapes of the Upper Angara region in the Holocene. *Geography and natural resources*. 2020. Vol. 41. No. 4. P. 381–389.
<https://doi.org/10.1134/S1875372841040095>
- Golubtsov V.A., Ryzhov Yu.V., and Kobylkin D.V. *Pochvoobrazovanie i osadkonakoplenie v Selenginskom srednegor'e v pozdnelednikov'e i golotsene* (Pedogenesis and sedimentation in the Selenga Middle Mountains in the Late Glacial and Holocene). Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography SB RAS, 2017. 139 p. (in Russ.)
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tret'e pokolenie). Seriya Angaro-Eniseiskaya. List N-48 – Irkutsk. Obyasnitel'naya zapiska* (State geological map of Russian Federation. Scale 1:1000000 (third generation). Angaro-Yenisei series. Sheet N-48 – Irkutsk). SPb.: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI. 2012. 574 p. (in Russ.)
- Hoffmann T., Erkens G., Cohen K.M., Houben P., Seidel J., and Dikau R. Holocene floodplain sediment storage and hillslope erosion within the Rhine catchment. *The Holocene*. 2007. Vol. 17. P. 105–118.
<https://doi.org/10.1177/0959683607073287>
- Kartashov I.P. *Osnovnye zakonomernosti geologicheskogo razvitiya rek gornyykh stran (na primere severo-vostoka SSSR)* (Basic patterns of geological development of rivers of mountainous countries (on the example of the North-east of the USSR). M.: Nauka (Publ.), 1972. 245 p. (in Russ.)
- Khabakov E.V. On the indices of rolling pebbles. *Sovetskaya geologiya* (Soviet Geology). 1946. (10). 17 p. (in Russ.)
- Khotinsky N.A. *Golotsen Severnoi Evrazii* (Holocene of Northern Eurasia). Moscow: Nauka (Publ.), 1977. 200 p. (in Russ.)
- Kichigina N.V. Flood hazard on the rivers of the Baikal Region. *Geography and natural resources*. 2018. Vol. 41. No. 4. P. 381–389.
<https://doi.org/10.1134/S187537281802004X>
- Kobe F., Bezrukova E., Leipe C., Shchetnikov A., Goslar T., Wagner M., Kostrova S., and Tarasov P. Holocene vegetation and climate history in Baikal Siberia reconstructed from pollen records and its implications for archaeology. *Archaeological Research in Asia*. 2020. Vol. 23. 100209.
<https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100209>
- Lazarenko A.A. Lithology of alluvium of lowland rivers of the humid zone. *Trudy GIN* (Proceedings of the Geological Institute). Iss. 120. M.: Nauka (Publ.), 1964. 236 p. (in Russ.)
- Litvintsev G.G. and Tarakanova G.I. *K voprosu o stratigrafii chetvertichnykh otlozhenii Irkutskogo amfiteatra. Geologiya i poleznye iskopaemye yuga Sibirskoi platformy* (On the question of the stratigraphy of quaternary deposits of the Irkutsk amphitheater. Geology and minerals of the South of the Siberian platform) L.: Nedra (Publ.), 1970. P. 88–106. (in Russ.)
- Logachev N.A., Lomonosova T.K., and Klimanova V.M. *Kainozoiskie otlozheniya Irkutskogo amfiteatra* (Cenozoic deposits of the Irkutsk amphitheater). M.: Nauka (Publ.), 1964. 195 p. (in Russ.)
- Makarova N.V., Chistyakov A.A., and Akinin B.E. Regularities of the formation of the alluvium capacity of mountain rivers. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. 1984. No. 68. P. 70–81. (in Russ.)
- Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseine* (River bed and erosion in basin). M.: MSU (Publ.), 2003. 355 p.
- Mezolit Verkhnego Priangar'ya. Ch. 1. Pamyatniki Angaro-Bel'skogo i Angaro-Idinskogo raionov* (Mesolithic of the Upper Angara region. Part 1. Monuments of Angaro-Belsky and Angara-Idinsky districts. Irkutsk: ISU (Publ.), 1971. 242 p. (in Russ.)
- Nazarov N.N., Chalov R.S., Chalov S.R., and Chernov A.V. Longitudinal profiles, morphology and dynamics of riverbeds of mountain-plain regions. *Geograficheskii vestnik*. 2006. No. 2. P. 70–81. (in Russ.)
- Nomokonova T. and Losey R.J. Holocene zooarchaeology of Cis-Baikal. Mainz: Nünnerich-Asmus Verl. & Media GmbH, 2017. 144 p.
- Opekunova M.Yu. Anthropogenic factor of extreme manifestation of fluvial processes in the valley of the Bolshaya Belaya River in 2019 (Irkutsk region). *Geografiya i prirodnye resursy*. 2020. No. 5. P. 503–512. (in Russ.)
- Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., and Chernov A.V. The main stages of formation of floodplains of lowland rivers of Northern Eurasia). *Geomorfologiya*. 2011. No. 3. P. 20–31. (in Russ.)
- Pears B., Brown A., Toms P., Wood J., Sanderson D., and Jones R. A sub-centennial-scale optically stimulated luminescence chronostratigraphy and late Holocene

- flood history from a temperate river confluence. *Geology*. 2020. Vol. 48. P. 819–825.
<https://doi.org/10.1130/G47079.1>.
- Ryzhov Yu.V., Golubtsov V.A., and Opekunova M.Yu. The formation of terraces of the Tarbagataika river (Western Transbaikalia) in the Late Glacial and Holocene. *Geography and Natural Resources*. 2021. Vol. 42. No. 2. P. 164–171.
<https://doi.org/10.1134/S1875372821020116>.
- Savelyev N.A. and Ulanov I.V. Ceramics of the Neolithic age of the multilayered location of the Burnt Forest (Southern Angara region). *Izvestiya IGU. Seriya "Geoarkheologiya. Etnologiya. Antropologiya"* (News of IGU. Series "Geoarchaeology. Ethnology. Anthropology"). 2018. Vol. 26. P. 46–85. (in Russ.)
- Shalikovsky A.V., Lepikhin A.P., Tiunov A.A., Kurganovich K.A., and Morozov M.G. The 2019 Floods in Irkutsk Region. *Vodnoe khozyaistvo Rossii*. 2019. No. 6. P. 48–65. (in Russ.)
<https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-6-4>
- Sidorchuk A.Yu., Panin A.V., and Borisova O.K. River Runoff Decrease in North-Eurasian Plains during the Holocene Optimum. *Water Resources*. 2012. Vol. 39. No. 1. P. 69–82.
<https://doi.org/10.1134/S0097807812010113>
- Tarasov P.E., Bezrukova E.V., and Krivonogov S.K. Late glacial and Holocene changes in vegetation cover and climate in southern Siberia derived from a 15 kyr long pollen record from Lake Kotokel. *Climate of the Past*. 2009. Vol. 5. P. 285–295.
<https://doi.org/10.5194/cp-5-285-2009>, 2009.
- Tektonicheskaya karta* (Tectonic map). Masshtab 1:4000000 / Tverdokhlebov V.A. and Krasil'nikova N.V. (Eds.). *Atlas Irkutskoi oblasti* (Atlas of the Irkutsk region). 1962. M.–Irkutsk: GUGK USSR (Publ.), P. 18–19. (in Russ.)
- The information system on water resources and water management of Russian river basins [Electronic data]. Access way: <http://gis.vodinfo.ru> (accessed 20.10.2019).
- Tseitlin S.M. *Geologiya paleolita Severnoi Azii* (Geology of the Paleolithic of Northern Asia). M.: Nauka (Publ.), 1979, 287 p. (in Russ.)
- Vadyunina A.F. and Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* (Methods for studying the physical properties of soils). M.: Agropromizdat (Publ.), 1986. 416 p. (in Russ.)
- Vorobyeva G.A., Goryunova O.I., and Savelyev N.A. Chronology and paleogeography of the Holocene of the South of Central Siberia. *Geokhronologiya chetvertichnogo perioda*. M.: Nauka (Publ.), 1992. P. 174–181. (in Russ.)
- Voskresenskii S.S. *Geomorfologiya SSSR* (Geomorphology of the USSR). M.: Vysshaya shkola (Publ.), 1968. 367 p. (in Russ.)
- Wolf D. and Faust D. Western Mediterranean environmental changes: Evidences from fluvial archives. *Quaternary Science Reviews*. 2015. Vol. 122. P. 30–50.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.04.016>.