

УДК 561:551.79 (571./64)

БИОСТРАТИГРАФИЯ ВЕРХНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ДОЛИННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО СИХОТЭ-АЛИНЯ (на примере Болотистого россыпного поля в верховьях р. Хор)

*П. С. Белянин¹, В. В. Иванов², С. В. Леснов³, Н. И. Белянина¹,
Х. А. Арсланов⁴, Ф. Е. Максимов⁴*

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток

E-mail: pavelbels@yandex.ru

²Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

E-mail: d159327@yandex.ru

³Общество с ограниченной ответственностью «Рос ДВ», г. Хабаровск

E-mail: lesnov261148@mail.ru ; d159327@yandex.ru

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

E-mail: arslanovkh@mail.ru

На примере золотоносных рыхлых отложений знаменитого богатыми россыпями золота Болотистого рудно-россыпного поля проведено биостратиграфическое расчленение долинных отложений Среднего Сихотэ-Алиня. По данным палинологического, радиоуглеродного и диатомового анализов установлена периодичность формирования золотоносных флювиальных и перекрывающих их болотных отложений. Показана синхронность этих двух позднекайнозойских стадий осадконакопления с трендом климатических изменений. На первой стадии в межледниковье позднего плейстоцена и в раннем голоцене, соответствующих морским изотопным стадиям (МИС) 3 и 1, происходило накопление аллювия с горизонтом золотоносных песков, завершившееся в конце раннего голоцена. На второй стадии, начиная с конца раннего голоцена, в нижнем течении руч. Болотистый началось образование мощной толщи болотных фаций.

Ключевые слова: плейстоцен, голоцен, долинные отложения, аллювий, болотные фации, золотая россыпь, биостратиграфия, спорово-пыльцевой анализ, диатомовый анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Кайнозойские аллювиальные россыпи на протяжении многих десятилетий играют ведущую роль в балансе добычи золота в России (Будилин и др., 1992; Гольдфарб, 2014; и др.).

Знание хронологии и климатических событий формирования аллювиальных золотоносных россыпей важно для познания истории образования и прогнозирования геолого-стратиграфических позиций их размещения, что повышает эффективность поисков, разведки и эксплуатации подобных экзогенных месторождений. К сожалению, вопросы биостратиграфии золотоносных рыхлых образований скудно освещены в литературе, что значительно затрудняет, в конечном счете, и выявление новых россыпных объектов.

© Белянин П. С., Иванов В. В., Леснов С. В., Белянина Н. И., Арсланов Х. А., Максимов Ф. Е., 2018

Сказанное актуализирует мультидисциплинарный подход для решения задач, связанных с выяснением биостратиграфическим методом возраста и климатических условий накопления золотоносных россыпей юга Дальнего Востока

Несмотря на большое количество работ по биостратиграфии кайнозоя юга Дальнего Востока (Короткий и др., 1980, 1997; Голубева, Караулова, 1983; Короткий, 2002), долинные, особенно металлоносные отложения некоторых районов, включая западный макросклон Среднего Сихотэ-Алиня, еще недостаточно изучены.

Для позднего плейстоцена (МИС 3) и голоцена ранее были охарактеризованы растительность и природные условия в нижнем и среднем течении рр. Хор и Бикин (Белянин, 2013; Назаркина, Белянин, 2013; Белянин, Белянина,

2016; Белянина, Белянин, 2016; Разжигаева и др., 2016).

Однако вне поля зрения исследователей остались области в верховьях водосборных бассейнов многих рек отмеченных предгорий, в частности р. Хор. Это обусловлено спецификой проводимых исследований, в том числе невозможностью без вскрытия горными выработками мощных толщ рыхлых отложений послынного отбора проб по их разрезу.

В связи с многолетней открытой отработкой в верховье р. Хор россыпей Болотистого рудно-россыпного поля (БРРП) силами ООО «Рос ДВ» нам предоставилась удачная возможность целенаправленно опробовать всю толщу рыхлых долинных отложений вплоть до подстилающих коренных пород.

Цель настоящей работы – на примере долины руч. Болотистый одноименного рудно-россыпного поля реконструировать стадийность накопления рыхлых отложений и природную обстановку в верховьях р. Хор в позднем плейстоцене (МИС 3) и голоцене.

ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом настоящего исследования являются аллювиальные (aQ_{III}^{2-3}) и болотные (lbQ_{IV}^{2-3}) фации долины руч. Болотистый. Локально развитые неогеновые глины его долины были охарактеризованы ранее (Н. Д. Литвиненко, 2001 г.; Иванов и др., 2015).

Названное рудно-россыпное поле относится к Право-Соолийскому рудно-россыпному узлу в приводораздельной области бассейнов рр. Хор и Анной, что в верховьях р. Сооли, притока р. Хор (рис. 1).

Геотектонически эта площадь западных отрогов хр. Сихотэ-Алинь (юг Хабаровского края) относится к раннемеловому Журавлевскому террейну (фрагмент турбидитового бассейна), локально перекрытому палеоген-неогеновыми вулканическими образованиями.

Геоботанически этот низко-среднегорный район со слаборасчлененным рельефом входит в Дальневосточную хвойно-широколиственную область горно-равнинного Уссурийско-Амурского

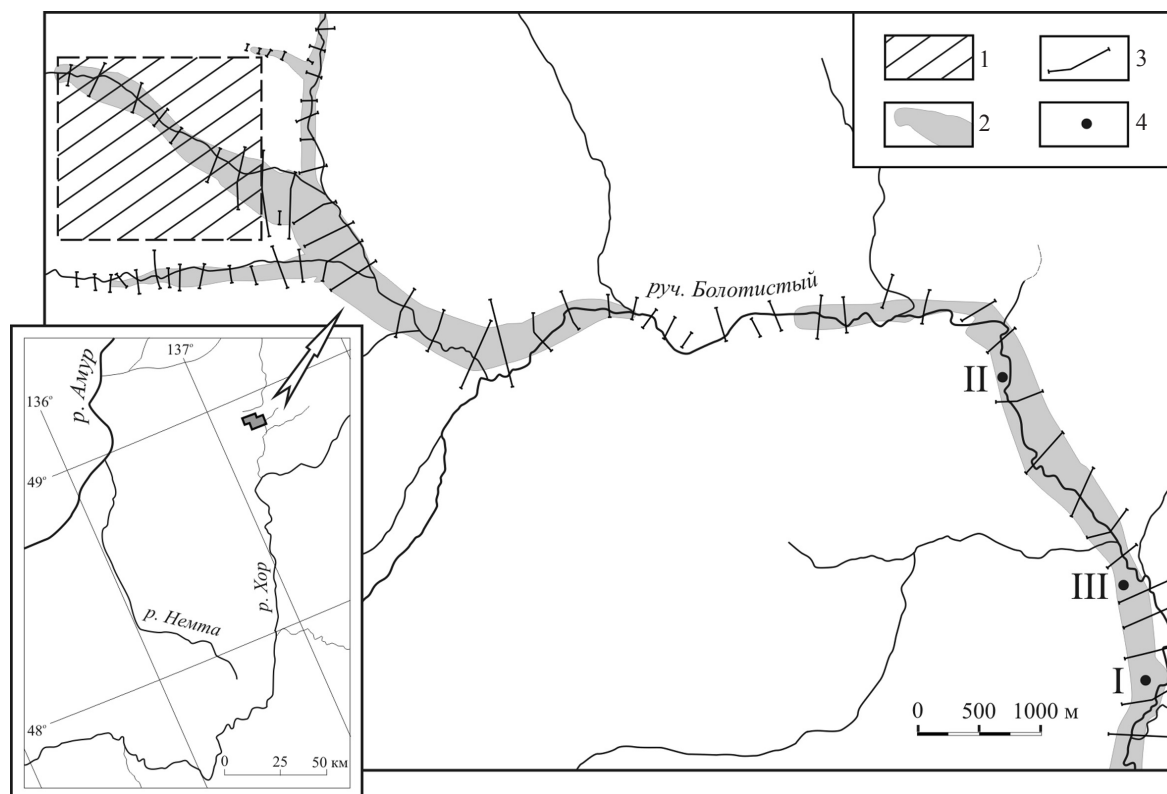


Рис. 1. Схема знаменитого золотоносного Болотистого рудно-россыпного поля с местами отбора палинологических проб: 1 – площадь развития золото-кварцевого оруденения; 2 – золотоносные россыпи ручьев; 3 – линии разведочных шурфов (ШЛ) и скважин; 4 – места (колонки-борозды (I–III) послынного опробования долинных отложений вблизи разведочных шурфовочных линий (2004 г.): I – ШЛ-10-04; II – ШЛ-34-04; III – ШЛ-16-04 и ШЛ-19-04

Fig. 1. Scheme of the famous Bolotistoye gold ore-placer field with spots of palynological specimen sampling spots: 1 – area of the gold-quartz mineralization development; 2 – gold-bearing creek placers; 3 – lines of exploring shafts (SL) and holes; 4 – spots of the valley deposit by-layer sampling near shaft prospecting lines of 2004; columns (I–III): I – SL-10-04; II – SL-34-04; III – SL-16-04, and SL-19-04

округа кедрово-широколиственных с елью, кедрово-еловых, елово-широколиственных, дубовых и мелколиственных лесов. Он расположен на стыке маньчжурской и охотской флор (Колесников, 1961).

Россыпная золотоносность характерна для всех ручьев БРРП, которые впадают в руч. Болотистый в его верхнем течении. Они вмещают короткие неглубоко залегающие золотые россыпи ближнего сноса, дренируя жильно-прожилковые рудные зоны одноименного редкометалльно-золотого рудопроявления (см. рис. 1). По погашенным запасам золота (более 9 т) это один из весьма крупных россыпных объектов, выявленных за последние годы в Хабаровском крае. Его коренной источник золота локализован преимущественно в сопровождаемом силлообразными телами мелком штоке габброидов, который прорывает меловые терригенные седиментолиты в центральной части сравнительно небольшого эрозионного окна среди кайнозойских базальтоидов.

Пологие склоны слабоврезанных долин с выложенным рельефом этого района имеют абсолютные высоты водоразделов от 600 до 861 м (г. Майская). Их днища, лежащие на уровнях 488–760 м в средних и нижних течениях водотоков, характеризуются пологим продольным профилем.

Долина руч. Болотистый имеет хорошо выработанный корыто-блюдеобразный поперечный профиль и продольный уклон не круче 0,002–0,004. Ширина русла варьирует от 2 до 5 м при глубине 0,2–0,8 м.

Плотик россыпи в средней и нижней частях ровный и слабоволнистый, местами с ямами и промоинами. Его слагают выветрелые туфогенные алевропесчаники и базальтоиды, а также продукты корообразования по ним (авто- и аллохтонные глины) и слабосцементированные конгломераты (в нижней части россыпи).

Уникальная по составу шлиховых минеральных комплексов (Иванов и др., 2009) наиболее протяженная в БРРП аллювиальная россыпь руч. Болотистый сравнительно проста по строению, морфологии и параметрам. Эта мелкозалегающая россыпь долинного типа представлена в целом единой лентообразной залежью, хорошо выдержанной по ширине и мощности. Протяженность контура промышленных запасов россыпи составляет несколько километров в долине длиной около 20 км, которая на значительном протяжении заболочена.

Мощность аллювиальных долинных отложений ручья измеряется 3–8 м. Они сложены окатанным гравийно-галечным (на некоторых отрезках с валунами) материалом с песчаным заполнителем. Золотоносный гравийно-галечный пласт имеет низкую глинистость. Он перекрывает

илистыми песками с малым количеством гравия и мелкой гальки с линзами илов и примесью растительного детрита, в том числе углефицированной древесины. Прибортовые части поймы затянуты торфяниками.

Непродуктивные верхние горизонты представлены в основном песчано-гравийно-мелкогалечными отложениями с линзами илов, суглинистого материала и торфяниками.

К четвертичным образованиям БРРП принадлежат терригенные отложения верхнего и современного звена. Они включают аллювий (валуники, галечники и пески) высоких, низких пойм и русел долины руч. Болотистый, а также торфянистые отложения. В старицах развиты суглинки и илы. Верхнее и современное звено четвертичной системы этой долины с россыпью представлено также элювиальными, делювиальными и пролювиально-делювиальными отложениями, перекрывающими склоны и водоразделы.

Отбор проб из разнофациальных отложений осуществлялся послойно из стенок расчисток в бортах полигона по отработке россыпи вблизи разведочных шурфовочных линий (ШЛ). Места отбора 3 серий проб по бороздам трех колонок (I–III, см. рис. 1): 1 – линия шурфов ШЛ-10-04, стоянка 2/1, борозда Б-16, левый борт; 2 – линия ШЛ-34-04, стоянка 3/2, борозда Б-140, правый борт; 3 – между линиями ШЛ-16-04 и ШЛ-19-04, борозда Б-100, правый борт отработки 2010 г.

Пробы колонок I и II **представлены пылевыми** суглинками из аллювиальной толщи. Они имеют скелетно-агрегированную микроструктуру и тонко-мелкопесчаный смешанный тип структурной модели (Рященко и др., 2014). Пробы по колонке III **отобраны из мощной толщи** бурых торфяников, которые подстилаются илами.

Палиноспектры были получены Н. И. Беляниной в 28 пробах. Просмотр с фотодокументацией препаратов, приготовленных по методу Поста (Покровская, 1950), осуществлялся под световым микроскопом Axio Scope. A1 (Carl Zeiss). Пыльца и споры определялись по возможности до вида. В случае микроморфологически слабоиндентифицируемых микрофоссилий определение таксонов проводилось до рода или семейства.

Локальные палинозоны (ЛПЗ) выделены по изменению участия древесных и кустарниковых, травянистых, а также споровых растений. При подсчете процентных соотношений пыльцевых таксонов учитывалась вся пыльца растений. Участие спор рассчитывалось от суммы всех пыльцевых зерен для каждого спорового таксона отдельно.

Диатомовый анализ 5 проб из колонки III, отобранных с глубины 3,4; 3,2; 2,1; 2,0 и 0,5 м, осуществлен Т. А. Гребенниковой (ТИГ ДВО РАН). Их специализированная обработка проводилась

по стандартной методике (Диаомовый анализ, 1949).

Радиоуглеродное датирование выполнено Х. А. Арслановым и Ф. Е. Максимовым (СПбГУ) по пробе сильно разложившегося торфа с примесью ила с глубины 3,2 м колонки III (табл. 1). Материал проб предварительно был очищен от карбонатов и гуминовых кислот путем его последо-

представлены семействами осоковых Cyperaceae Juss. (5,8–22,7%), зонтичных Apiaceae Lindl. (до 2,5%), злаковых Poaceae Barnhart (до 2,3%), лютиковых Ranunculaceae Juss. (до 2,1%), сложноцветных Asteraceae Juss. (до 1,9%) и верескоцветных Ericaceae Juss. (до 1,6%). Среди споровых растений наиболее высоко содержание спор сфагнового мха *Sphagnum* sp. (7,6–24,8%), се-

Таблица 1. Разрез отложений по колонке I (борозда Б-16) вблизи шурфовочной линии ШЛ-10-04

Table 1. Cross-section of deposits on column I (channel B-16) near prospecting line SL-10-04

№ п/п	Литология	Интервал, м
1	«Моховой очес»: мох, осока, кустарники и их корни	0,0–0,3
2	Торф бурый, слаборазложившийся, с древесными стволами, в нижней части с линзами илов	0,3–1,4
3	Илы серые, зеленовато-серые, плотные, с корнями растений	1,4–2,0
4	Песчано-гравийно-галечный материал серый, слоистый, мелкогалечный, промытый детритом	2,6–3,8
5	Песчано-гравийно-галечный материал серый, буровато-серый, илистый, с линзами илов и валунами	2,0–3,0
6	Песчано-гравийно-галечный материал зеленовато-серый, илистый, с валунами (до 0,3 м в диаметре), с линзами илов и органикой	3,0–4,0
7	Глина серая, плотная, илистая, иногда со слабообугленными древесными остатками	4,4–5,0

вательной обработки 2%-ными растворами HCl и NaOH. Калибровка радиоуглеродных дат в календарные сделана с помощью программы «CalPal» (Weninger et al., 2005–2007).

В целом для корреляции полученных биостратиграфических данных голоцена использована Стратиграфическая схема Ф. Л. Гиббард (2015), а позднего плейстоцена – Общая стратиграфическая шкала квартера Б. А. Борисова (2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее представительные биостратиграфические результаты получены по колонкам I–III.

По результатам спорово-пыльцевого анализа выделено 6 ЛПЗ, которые отнесены нами к позднему плейстоцену (МИС 3) и голоцену.

ЛПЗ Б-1 (рис. 2, 3) выделена в песчано-гравийно-галечных отложениях с линзами илов и органикой в колонке I (инт. гл. 4,4–3,2 м) и колонке II (инт. гл. 4,8–3,8 м). Группа хвойных растений представлена пылью ели *Picea* sp. (26,2–62,5%), лиственницы *Larix* sp. (до 21,0%) и сосны корейской *Pinus koraiensis* (3,6–19,4%). Среди мелколиственных пород доминирующее положение занимают пыльцевые зерна гибридных берез *Betula* sp. (1,4–31,2%) и кустарниковой березки *Betula* sect. *Nanae* (до 23,8%). Присутствует пыльца древесных берез секций *Betula* sect. *Albae* и *Betula* sect. *Costatae*, а также ольхи *Alnus* sp. Из широколиственных растений в малом количестве встречается лишь дуб монгольский *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb. Травы

мейств плауновых *Lycopodium* sp. (15,0–24,1%), многоножковых Polypodiaceae Bercht. et J. Presl. (1,1–19,2%). Им сопутствуют споры плаунка *Selaginella* sp. и чистоуста *Osmunda* sp.

ЛПЗ Б-2 (см. рис. 3; 4) выделена из песчано-галечных отложений и ила в колонке II (инт. гл. 2,8–1,8 м) и из пачки торфа и ила в колонке III (инт. гл. 3,4–2,8 м). Она характеризуется доминированием пыльцы хвойных и мелколиственных растений. Среди хвойных ведущую роль играет *Picea* (4,1–44,1%) и пихта *Abies* sp. (до 18,6%), а подчиненное положение занимают пыльцевые зерна *Pinus koraiensis* (до 8,6%) и *Larix* (до 1,3%). Мелколиственные породы представлены стланиковой ольхой *Duschekia* (1,8–22,4%), *Betula* sect. *Nanae* (до 18,3%) и древесными формами берез – *Betula* sect. *Costatae* (2,5–9,1%), *Betula* sect. *Albae* (до 4,2%), а также *Alnus* sp. (до 28,1%). Из широколиственных растений в малых количествах встречаются *Quercus mongolica*, ильм *Ulmus* sp. и липа *Tilia* sp. Среди трав доминируют семейства Ericaceae (1,3–39,4%) и Cyperaceae (до 29,0%). Им сопутствует пыльца Asteraceae (до 2,6%). Отмечены споры *Sphagnum* (до 20,8%), семейства Polypodiaceae (до 21,5%), *Lycopodium* sp. (до 4,3%) и *Osmunda*.

ЛПЗ Б-3 (см. рис. 4) выделена из слоя торфа с погребенной древесиной в колонке III (инт. гл. 2,8–2,0 м). Основной фон в этой ЛПЗ создает пыльца темнохвойных и светлохвойных растений при умеренной доле широколиственных пород.

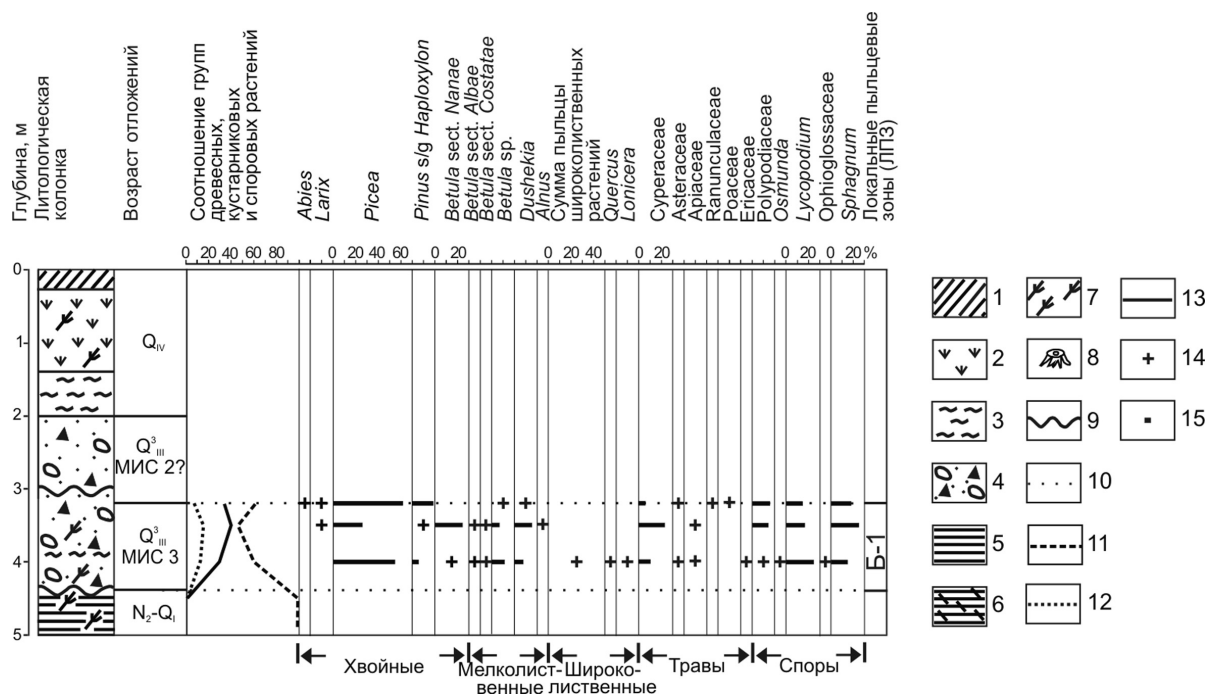


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма по колонке I (борозда Б-16) вблизи линии ШЛ-10-04; 1 – моховой очес; 2 – торф слабо разложившийся, с древесными стволами; 3 – илы; 4 – песчано-гравийно-галечные отложения; 5 – глины; 6 – аргиллит; 7 – погребенная древесина; 8 – пневый горизонт; 9 – перерывы в осадконакоплении; 10 – границы локальных палинозон. Общее содержание: 11 – пыльцы деревьев; 12 – пыльцы трав; 13 – спор; 14 – доля спор и пыльцы в палиноспектрах менее 3%; 15 – точки отбора проб на диатомовый анализ

Fig. 2. Spore-pollen diagram on column I (channel B-16) near the SL-10-04 line: 1 – moss combings; 2 – weakly decomposed brown peat with wood trunks; 3 – muds; 4 – sand-gravel-pebble deposits; 5 – clays; 6 – argillite; 7 – buried wood; 8 – stump horizon; 9 – breaks in sedimentation; 10 – boundaries of local palynocomplexes. Total content: 11 – tree pollens; 12 – herb pollens; 13 – spores; 14 – share of spores and pollen in palynospectra of less than 3%; 15 – specimen sampling spots for the diatom analysis

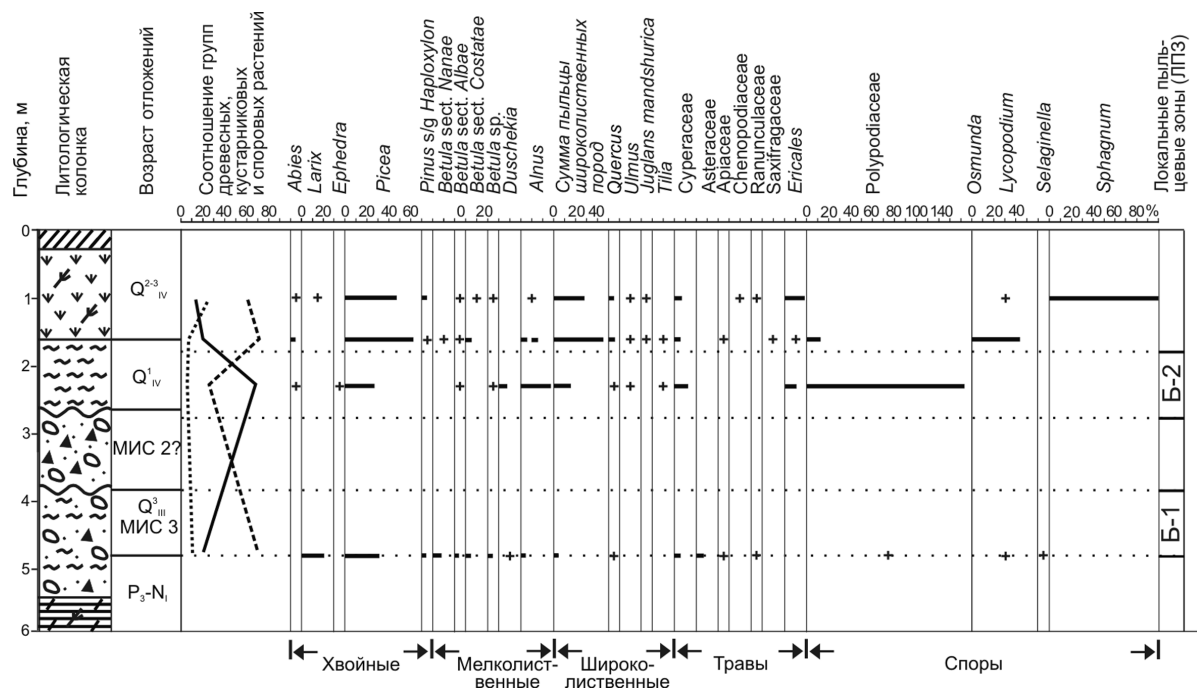


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма по колонке II (борозда Б-140) вблизи линии ШЛ-34-04. Условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 3. Spore-pollen diagram on column II (channel B-140) near line SL-34-04. For symbols see Fig. 2

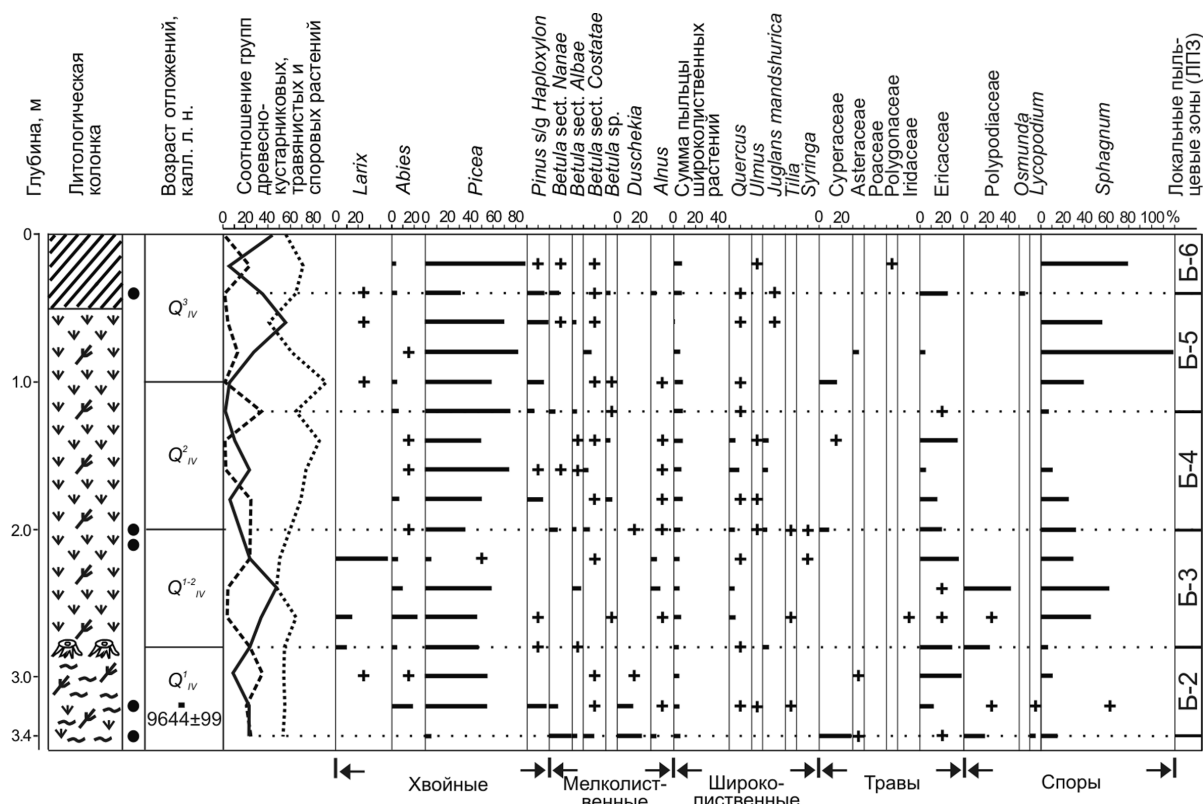


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма по колонке III (борозда Б-100) между линиями ШЛ-16-04 и ШЛ-19-04. Условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 4. Spore-pollen diagram on column III (channel B-100) between the SL-16-04 and SL-19-04 lines. For symbols see Fig. 2

Отмечено высокое содержание пыльцы *Picea* (3,2–59,0%), *Larix* (до 47,6%) и *Abies* (5,0–22,5%). Характерно также присутствие *Pinus koraiensis* (до 2,5%). Среди мелколиственных растений заметно участие *Alnus* (до 8,2%) и *Betula* sp. (до 2,2%). В группе широколиственных преобладает *Quercus mongolica* (0,6–5,6%). Ему сопутствует пыльца ореха *Juglans* sp. (до 3,1%), *Tilia* (до 1,1%) и сирени *Syringa* sp. (до 0,8%). Из травянистых растений высока доля семейств Ericaceae (1,1–36,5%), Poaceae (до 8,2%), Cyperaceae (до 8,2%) и ирисовых Iridaceae Juss. (до 2,2%). Споровые растения представлены *Sphagnum* (7,5–62,3%) и семейством Polypodiaceae (до 42,6%).

ЛПЗ Б-4 (см. рис. 4) выделена из слоя бурого слаборазложившегося торфа в колонке III (инт. гл. 2,0–1,2 м). Отличительной чертой ЛПЗ является увеличение содержания пыльцы широколиственных растений с по-прежнему высокой долей мелколиственных и темнохвойных. В группе хвойных преобладают пыльцевые зерна *Picea* (34,8–73,9%), *Pinus koraiensis* (до 14,0%) и *Abies* (0,5–7,0%). Среди мелколиственных растений высока доля *Betula* sect. *Nanae* (до 7,5%) и *Betula* sp. (до 5,6%). Отмечено появление пыльцы *Duschekia* и сокращение участия *Alnus* (до 3,0%). В группе широколиственных пород характерно участие *Quercus mongolica* (2,8–8,4%), *Juglans*

(до 3,7%) и *Ulmus* (до 0,7%). Травы представлены семействами Ericaceae (5,0–33,6%) и Cyperaceae (до 8,7%), а из споровых растений выявлены лишь споры *Sphagnum*.

ЛПЗ Б-5 (см. рис. 4) выделена из слоя бурого слаборазложившегося и мохового очеса в колонке III (инт. гл. 1,2–0,4 м). Среди микрофоссилий доминирует пыльца хвойных и мелколиственных пород. В группе хвойных растений преобладают пыльцевые зерна *Picea* (59,7–82,1%), *Pinus koraiensis* (до 19,7%) и *Abies* (до 5,8%). В небольшом количестве встречается пыльца *Larix*. Среди мелколиственных растений встречаются пыльцевые зерна *Betula* sect. *Nanae* (до 5,8%), *Alnus* (до 0,7%) и *Betula* sp. (до 0,7%). Из широколиственных пород в небольших количествах отмечена пыльца *Quercus mongolica* и *Juglans*. Травы представлены семействами Cyperaceae, Ericaceae и Asteraceae. Из споровых растений присутствуют лишь споры *Sphagnum*.

ЛПЗ Б-6 (см. рис. 4) выделена из мохового очеса в колонке III (инт. гл. 0,4–0,0 м). В ее структуре группа хвойных растений характеризуется высокой долей пыльцы *Picea* (25,0–84,3%), которой сопутствуют пыльцевые зерна *Abies*, *Pinus koraiensis* и *Larix*. Из мелколиственных пород отмечена пыльца *Betula* sect. *Nanae* (1,6–9,3%), *Betula* sect. *Costatae* (до 1,6%) и *Alnus* (до 5%).

Таблица 2. Разрез отложений по колонке II (борозда Б-140) вблизи шурфовочной линии ШЛ-34-04

Table 2. Cross-section of deposits by column II (channel B-140) near prospecting line SL-34-04

№ п/п	Литология	Интервал, м
1	«Моховой очес»: мох, осока, кустарники и их корни	0,0–0,3
2	Торф бурый, слаборазложившийся, с древесными стволами, в нижней части с линзами илов	0,3–1,6
3	Илы серые, зеленовато-серые, плотные, с корнями растений	1,6–2,6
4	Песчано-гравийно-галечный материал серый, слоистый, мелкогалечный, промытый с детритом	2,6–3,8
5	Песчано-гравийно-галечный материал серый, буровато-серый, илистый, с линзами илов и валунами (до 0,4 м в диаметре)	3,8–5,4
6	Аргиллиты темно-серые, со слабосохранившимися обугленными растительными остатками, легко распадаются на мелкие фрагменты	5,4–6,0

Таблица 3. Разрез отложений по колонке по колонке III (борозда Б-100) между разведочными шурфовочными линиями ШЛ-16-04 и ШЛ-19-04

Table 3. Section of deposits by column III (channel B-100) between prospecting lines SL-16-04 and SL-19-04

№ п/п	Литология	Интервал, м
1	«Моховой очес»: мох, осока, кустарники и их корни	0,0–0,5
2	Торф бурый, слаборазложившийся, с древесными остатками (корни, стволы деревьев и кустарников)	0,5–2,8
3	Илы серые (плотные в верхней части) с фрагментами корневой системы, нижний слой илов (мощностью 1 м) в значительной степени обводнен	2,8–4,3

Группа широколиственных растений включает пыльцу *Quercus*, *Ulmus* и *Juglans*. Травянистые растения представлены пыльцой семейства гречишных *Polygonaceae* Juss., а из споровых таксонов отмечены лишь споры *Sphagnum* и *Osmunda*.

Таксономический состав изученных ЛПЗ свидетельствует о двух стадиях накопления разнофациальных долинных отложений, которые протекали на фоне переменчивых климатических условий.

Первая, аллювиальная, стадия отвечает условиям межледниковья (МИС 3) в позднем плейстоцене, а также раннему голоцену. Как свидетельствуют информативные палиноспектры из тонкозернистых отложений нижних частей колонок I (инт. гл. 4,4–3,2 м) и II (инт. гл. 4,8–3,8 м), ее начальная фаза соответствует ЛПЗ Б-1 (см. рис. 2, 3), таксономический состав палиноспектров которой указывает на доминирование елово-пихтовых и лиственничных лесов с участием сосны корейской и дуба монгольского в районе верхнего течения р. Хор. В целом состав растительности этого времени был близок к современному.

Вероятно, во время накопления гранулометрически более крупного аллювия произошло достаточно быстрое изменение природной обстановки в долине. Это объясняет отсутствие ископаемых микрофоссилий в интервалах глубин 3,2–2,0 и 3,8–2,6 м колонок I и II, что не позволило получить палиноспектры. По-видимому, формирование этих слоев происходило во время позднеплейстоценового оледенения (МИС 2).

Формирование выше залегающих по разрезу аллювиальных отложений протекало в условиях продолжающегося потепления, что зафиксировано в таксономическом составе ЛПЗ Б-2. Ее палиноспектры свидетельствуют о сокращении площадей ольховников, сохранившихся, по-видимому, еще с предшествующей эпохи сарматского оледенения по Сибирской стратиграфической схеме (Кинд, 1974) и о постепенном возрастании участия в долинных ландшафтах хвойных пород – пихты, сосны корейской и особенно ели. В растительных формациях района значительно увеличилась роль дуба монгольского и произошло внедрение в их структуру широколиственных растений – ореха маньчжурского, липы и сирени. При этом сократилось распространение лиственничных и мелколиственных лесов, а папоротниковые болота зарастали сфагновым мхом и широкое развитее получали мари.

Подобная палеогеографическая обстановка существовала и в сопредельных речных бассейнах северо-западного макросклона Сихотэ-Алиня – долине р. Контровод (Белянин, Белянина, 2016; Белянина, Белянин, 2016) и р. Кия (Bazarova et al., 2008).

Вывод о кратковременном смягчении климатических условий в межледниковье (МИС 3) хорошо согласуется с материалами и обобщениями по биостратиграфии других регионов мира (Величко, 2012), в том числе для различных районов Чукотки (Ложкин, 2007; Lozhkin et al., 2007).

Завершение формирования характеризуемого аллювия произошло в конце раннего голоцена, что подтверждает ^{14}C дата 8620 ± 90 л. н., (9644 ± 99 кал. л. н., ЛУ-8138) по пробе Б-100/17 сильно разложившегося бурого торфа (колонка III, глубина 3,2 м).

Диатомовый комплекс (ДК) из данного горизонта свидетельствует о флювиальной природе этих осадков. Так, видовой состав диатомей на глубине 3,4–3,2 м колонки III характерен для пойменных отложений. В них найдены представители, обитающие в медленно текущих и стоячих водах, – планктонный *Aulacoseira granulata*, донные *Diploneis ovalis*, *Pinnularia borealis* и *Stauroneis phoenicenteron*, *Pinnularia viridis*, *Hantzschia amphioxys*. Здесь же встречены диатомеи, способные обитать даже на влажных почвах, – *Hantzschia amphioxys* и *Luticola mutica*. Из обрастателей обнаружены *Diatoma vulgaris*, *Gomphonema grunowii*, *Ulnaria ulna*, *Rhopalodia gibba*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna*, а также предпочитающий текущие воды *Didymosphenia geminata* и ацидофилы, населяющие в основном заболоченные экосистемы – временно планктонный *Tabellaria flocculosa*, обрастатели – *Eunotia glacialis*, *Eunotia fallax*, *Eunotia groenlandica*, *Eunotia monodon* и *Eunotia arcus*.

Окончание аллювиальной стадии в конце раннего голоцена четко фиксируется в разрезе пневым горизонтом (ПГ). На примере сибирского региона Н. А. Хотинский (1977) показал, что образование ПГ служит признаком увеличения сухости климата, являющегося одним из факторов наступления лесной растительности на болотные комплексы. В нашем случае это тоже привело к масштабному осушению болот в конце раннего голоцена и образованию этого ПГ.

Вторая, болотная, стадия формирования долинных отложений в виде финальной торфяной толщи (рис. 5) знаменует переход от раннего голоцена к среднему (ЛПЗ Б-3) в условиях возрастающей теплообеспеченности. Это иллюстрируют палиноспектры в разрезе колонки III (см. рис. 4).

Таксономический состав палиноспектров отражает увеличение в растительных формациях роли сосны корейской, пихты, дуба монгольского, ореха маньчжурского, сирени, ильма и липы, что свидетельствует о климате более теплом, чем современный. Однако в растительности по-прежнему сохранялось довольно высокое участие мелколиственных растений. А наличие спор сфагнового мха говорит о развитии на этой площади марей.



Рис. 5. Разрез торфяника между линиями ШЛ-16-04 и ШЛ-19-04, место отбора проб борозды Б-100
Fig. 5. Peat cross-section between lines SL-16-04 and SL-19-04, sampling spot of channel B-100

Выше по разрезу колонки III происходит изменение состава диатомового комплекса (инт. гл. 2,1–2,0 м). Он отражает умеренную заболоченность долины. В его структуре преобладает *Hantzschia amphioxys*, населяющий водоемы разного типа и трофности, включая лужи и влажные почвы. Кроме того, здесь присутствуют диатомеи, характерные как для стоячих, так и медленно текущих вод, временно планктонные – *Tabellaria flocculosa*, *Tabellaria fenestrata*, обрастатели – *Epithemia adnata*, *Gomphonema clavatum*, *Gomphonema gracile*, *Ulnaria ulna* и *Rhopalodia gibba*, а также донные – *Pinnularia viridis* и *Pinnularia borealis*. Для таксономического состава водорослей типична богатая болотная фауна, в которой наиболее часто встречаются *Eunotia glacialis*, *Eunotia exigua*, *Eunotia bilunaris*, *Eunotia groenlandica* и *Eunotia nimannuana*.

Этот ДК указывает на дальнейший рост степени заболоченности дна данной долины, вероятно, вследствие усиления циклонической активности в оптимуме голоцена, что привело к формированию торфяной залежи с погребенной древесины (колонка III, инт. гл. 2,0–1,2 м).

Понижение степени заболоченности в долине отражено в составе ДК на глубине 0,5 м в виде сокращения доли обитателей болот, среди которых по-прежнему часто встречается *Hantzschia amphioxys*. В указанном ДК присутствуют и планктонные диатомеи, характерные как для стоячих, так и медленно текущих вод, – *Aulacoseira italica*, *Aulacoseira subarctica*, донные *Pinnularia subgibba*, *Pinnularia viridis*, *Sellaphora pupula*, *Diploneis ovalis*. Здесь же встречаются обрастатели – *Gomphonema clavatum*, *Ulnaria ulna*, *Rhopalodia gibba* и обычные для болотных вод ацидофильные диатомовые водоросли – *Eunotia glacialis*, *Eunotia paludosa* и *Eunotia formica*.

Отметим, что южнее, в нижнем течении р. Бикин, торфообразование началось позднее – в среднем голоцене, на что указывает соответствующая структура палиноспектров, а также ^{14}C дата 5120 ± 80 л. н. (5859 ± 94 кал. л. н., Ки-3372) в разрезе «6205» на глубине 0,8 м (Белянин, Белянина, 2016).

Увеличение теплообеспеченности в оптимуме голоцена зафиксировано и в районе нижнего течения р. Колыма (окрестности оз. Энгтери), для которого А. В. Ложкиным отмечена трансформация травянисто-кустарниковой тундры в лесотундру с ольхой, лиственницей и ольховым стлаником (Минюк и др., 2007).

О некотором снижении среднегодовых температур при переходе от среднего голоцена к позднему свидетельствует таксономический состав ЛПЗ Б-5, установленный по колонке III. Из диаграммы (см. рис. 4) следует, что в растительных формациях увеличилась роль ели, сосны корей-

ской, пихты и лиственницы. Расширились и площади мелколиственных лесов, а также марей. Среди неморальной растительности значительно сократилось видовое разнообразие, сохранились лишь дуб монгольский и орех маньчжурский.

В позднем голоцене при климатических условиях, близких к современным, происходило накопление слоя торфа, перекрываемого сверху моховым очесом (колонка III), отнесенного нами к ЛПЗ Б-6 (см. рис. 4). Это отражено в палиноспектрах, близких по таксономическому составу к современной растительности. В ландшафтах доминировали елово-пихтово-березовые леса с участием пихты, сосны корейской и ильма. Уменьшение содержания пыльцы хвойных растений на глубине 0,2 м отражает снижение их ландшафтообразующей роли, а присутствие спор торфяного мха свидетельствует о широком развитии марей.

Сходные биостратиграфические данные получены и для долинных отложений среднего и нижнего течения р. Бикин (Белянин, 2013; Разжигаева и др., 2016). Однако в них отмечена более высокая доля сосны корейской в растительных формациях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере разнофациальных долинных отложений руч. Болотистый с применением различных методов исследования обоснована периодичность формирования рыхлых осадков в течение межледникового позднего плейстоцена (МИС 3) и голоцена.

На первой, аллювиальной, стадии образования этих отложений, включая золотоносные горизонты, растительность и климат были подобны современным. Это запечатлено в палиноспектрах тонкозернистых илов, маркирующих границу между песчано-гравийно-галечным аллювием и болотно-торфяными накоплениями. Они включают палинокомплекс, характерный для межледникового позднего плейстоцена (МИС 3) и раннего голоцена. Его структура отражает широкое развитие темнохвойных и мелколиственных лесов с участием дуба.

По всей видимости, наступившее после этого межледникового похолодание (МИС 2) привело к перерыву в осадконакоплении – периоду формирования грубо- и крупнозернистых фаций аллювия. Однако получить биостратиграфические данные из этих слоев нам не представилось возможным из-за отсутствия в данных горизонтах тонкозернистых фаций, хранящих микрофоссилии и органику.

На второй, болотной, стадии осадконакопления, растительность имела совершенно отличный облик по сравнению с растительностью в раннем голоцене. В ее структуре возросла доля широколи-

ственных растений и уменьшилось участие мелколиственных, а также некоторых темнохвойных (ели). Процесс биогенной седиментации определяли короткопериодические климатические флуктуации, обусловившие широкое развитие сфагновых болот в среднем – позднем голоцене.

Таким образом, обозначенные стадии накопления рыхлых отложений в долине руч. Болотистый свидетельствуют об изменении режима осадконакопления синхронно с изменением климатических условий. При потеплениях формировались преимущественно тонко- и мелкозернистые фации, а при похолоданиях – крупно- и грубозернистые.

Авторы благодарны к. г. н. Т. А. Гребенниковой (ТИГ ДВО РАН) за проведение диатомового анализа, Н. П. Домре (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа, д. г.-м. н. В. С. Маркевич (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) и к. г. н. А. В. Ложкину (СВКНИИ ДВО РАН) за обсуждение и конструктивные советы по подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Белянин П. С. Развитие геосистем бассейна р. Бикин (Дальний Восток) в среднем и позднем голоцене // География и природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 105–111.
- Белянин П. С., Белянина Н. И. Растительность в долине нижнего течения реки Бикин (Приморский край, Россия) в позднем плейстоцене и голоцене // Проблемы обоснования региональных стратонев фанерозоя Украины. – К., 2016. – С. 106–108.
- Белянина Н. И., Белянин П. С. Развитие природных комплексов в бассейне р. Уссури в мегаинтервал МИС 3–2 // Пути эволюционной географии: Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. памяти проф. А. А. Величко. – М.: Ин-т географии РАН, 2016. – С. 421–425.
- Борисов Б. А. Общая стратиграфическая шкала квартера. Опорные разрезы неоплейстоцена Европейской части России // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – С. 84–88.
- Будилин Ю. С., Вашко Н. А., Джобадзе В. А. и др. Методика разведки россыпей золота и платиноидов. – М.: ЦНИГРИ, НТК «Геоэксперт», 1992. – 286 с.
- Величко А. А. Эволюционная география: проблемы и решения. – М.: ГЕОС, 2012. – 563 с.
- Гиббард Ф. Л. Четвертичная система (период) и ее основные подразделения // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56, № 4. – С. 873–875.
- Голубева Л. В., Караулова Л. П. Растительность и климатостратиграфия плейстоцена и голоцена юга Дальнего Востока // Тр. ГИН. – 1983. – Вып. 366. – 143 с.
- Гольдфарб Ю. И. Многообразие пластовых аллювиальных россыпей золота в верховьях Колымы // Золотодобыча. – 2014. – № 187. – С. 26–29.
- Диатомовый анализ. – Л.: Госгеолитиздат, 1949. – Кн. 1. – 239 с.
- Иванов В. В., Леснов С. В., Рященко Т. Г. и др. Новые палинологические данные по четвертичным отложениям золотоносной площади верховьев р. Хор, Западные отроги хребта Сихотэ-Алинь // Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 178–180.
- Иванов В. В., Колесова Л. Г., Лотина А. А. и др. Шпинелиды из ассоциации барофильных минералов россыпного месторождения Болотистое (Центральный Сихотэ-Алинь) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента. – Сыктывкар, 2009. – С. 79–81.
- Кинд Н. В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
- Колесников Б. П. Растительность // Дальний Восток: Физико-географическая характеристика. – М.: Наука, 1961. – С. 183–298.
- Короткий А. М., Гребенникова Т. А., Пушкарь В. С. и др. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене – голоцене // Вестник ДВО РАН. – 1997. – № 3. – С. 121–143.
- Короткий А. М. Палинологические характеристики и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений российского Дальнего Востока (низовья р. Амур, Приморье, о. Сахалин, Курильские острова) // Позднечетвертичные растительность и климат Сибири и Российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных). – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. – С. 257–369.
- Короткий А. М., Караулова Л. П., Троицкая Т. С. Четвертичные отложения Приморья: Стратиграфия и палеогеография. – Новосибирск: Наука, 1980. – 234 с.
- Ложкин А. В. Непрерывная летопись изменений природной среды Чукотки за последние 350 тысяч лет // Тихоокеан. геол. – 2007. – Т. 26, № 6. – С. 53–59.
- Минюк П. С., Ложкин А. В., Андерсон П. М. и др. Комплексное исследование осадков оз. Энгтери, северо-восток России // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2007. – № 4. – С. 2–13.
- Назаркина А. В., Белянин П. С. Этапы формирования аллювиальных почв в ландшафтах бассейна реки Бикин в среднем и позднем голоцене (бассейн реки Амур) // Почвоведение. – 2013. – № 12. – С. 1411–1422.
- Покровская И. М. Пыльцевой анализ. – М.: Госгеолитиздат, 1950. – 571 с.
- Разжигина Н. Г., Ганзей Л. А., Гребенникова Т. А. и др. Палеоклиматическая и палеоландшафтная записи в голоценовых отложениях среднего течения реки Бикин (Приморье) // Тихоокеан. геол. – 2016. – Т. 35, № 5. – С. 86–100.
- Рященко Т. Г., Штельмах С. И., Белянин П. С. и др. Микроструктура и геохимические особенности кайнозойских отложений долины р. Сооли // Отеч. геол. – 2014. – № 4. – С. 31–40.
- Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. – М.: Наука, 1977. – 200 с.
- Bazarova V. B., Klimin M. A., Mokhova L. M. et al. New pollen records of Late Pleistocene and Holocene changes of environment and climate in the Lower Amur

River basin, NE Eurasia // *Quaternary International*. – 2008. – No. 179. – P. 9–19.

Lozhkin A. V., Anderson P. M., Matrosova T. V. et al. The pollen record from El'gygytgyn Lake: implications for vegetation and climate histories of Northern Chukotka since the late Middle Pleistocene // *Journal of Paleolimnology*. – 2007. – No. 57. – P. 135–153.

Weninger B., Jöris O., Danzeglocke U. Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002 [Электрон. ресурс]; Universität zu Köln, Institut für Urund Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. – Электрон. дан. и прогр. – Köln, 2005–2007.

Поступила в редакцию 23.06.2017 г.

BIOSTRATIGRAPHY OF THE UPPER PLEISTOCENE-HOLOCENE VALLEY DEPOSITS OF THE MIDDLE SIKHOTE-ALIN (Exemplified by the Bolotistoye Placer Field at the Khor River Head)

P. S. Belyanin*, V. V. Ivanov**, S. V. Lesnov***, N. I. Belyanina*,
Kh. A. Arslanov****, F. E. Maksimov****

*Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok

**Far Eastern Geological Institute FEB RAS, Vladivostok

***Ros DV Co., Ltd., Khabarovsk

****St. Petersburg State University, St. Petersburg

Biostratigraphic Valley deposits in the Middle Sikhote-Alin', exemplified by the Bolotistoye ore-placer field, rich in gold placers, have been biostratigraphically separated. The data of palynological, radio-carbon, and diatom analyses permitted to establish periodicity of the formation of gold-bearing fluvial deposits and swamp deposits overlapping them. These two Late Cenozoic stages of sedimentation are found synchronic 3 and 1, to the trend of climatic changes. At the first stage, in the Late Pleistocene Interglacial and in the Early Holocene, which correspond to Sea Isotope Stages (SIS) 3 and 1 alluvium with a horizon of gold-bearing sands was accumulated. At the second stage, from the end of the Early Holocene, a thick bed of the swamp facies began to form in the lower reaches of the Bolotistoye Creek.

Keywords: Pleistocene, Holocene, valley deposits, alluvium, swamp facies, gold placer, biostratigraphy, spore-pollen analysis, diatom analysis.

REFERENCES

Bazarova, V. B., Klimin, M. A., Mokhova, L. M. et al., 2008, New Pollen Records of Late Pleistocene and Holocene Changes of Environment and Climate in the Lower Amur River Basin, NE Eurasia, *Quaternary International*, no. 179, pp. 9–19.

Belyanin, P. S., Belyanina, N. I., 2016, Vegetation in the Lower Bikin River Valley (Primorsky Krai, Russia) in Late Pleistocene and Holocene, *Problems of Grounding Regional Strata in Ukraine's Phanerozoic*, Kyiv, pp. 106–107 [In Russian].

Belyanina, N. I., Belyanin, P. S., 2016, Natural Complexes Development in the Ussuri River Basin within the MIS 3-2 Megainterval, *Ways of Evolutionary Geography, Materials of the All-Russia Sci. Conf. Dedicated to the Memory of Prof. A. A. Velichko*, Moscow, Institute of Geography RAS, pp. 421–425 [In Russian].

Borisov, B. A., 2009, General Stratigraphic Scale of the Quaternary. Basic Sections of Neopleistocene in the European Part of Russia, *Quaternary Fundamental Problems: Study Results and Basic Directions for Further*

Research, Novosibirsk, SB RAS Publishers, pp. 84–88 [In Russian].

Budilin, Yu. S., Vashko, N. A., Dzhobadze, V. A., et al., 1992, Methodology for Prospecting Gold and Platinoid Placers, Moscow, CSRGSI, STC Geoekspert [In Russian].

Diatom Analysis, 1949, Leningrad, Gosgeolizdat, Book 1 [In Russian].

Gibbard, F. L., 2015, Quaternary System (Period) and its Principal Subdivisions, *Geology and Geophysics*, vol. 56, no. 4, pp. 873–875 [In Russian].

Golubeva, L. V., Karaulova, L. P., 1983, Vegetation and Climatic Stratigraphy of Pleistocene and Holocene in the South of the Far East, *Proceedings of the USSR Geological Institute*, iss. 366 [In Russian].

Goldfarb, Yu. I., 2014, Diversity of Sheet Alluvial Gold Placers in the Upper Reaches of the Kolyma, *Gold Mining*, no. 187, pp. 26–29 [In Russian].

Ivanov, V. V., Kolesova, L. G., Lotina, A. A., et al., 2009, Spinellids from the Barophilic Mineral Association

of the Bolotistoye Placer (Central Sikhote-Alin'), *Structure, Substance, History of the Timan-Northern Urals Segment Lithosphere*, Syktyvkar, pp. 79–81 [In Russian].

Ivanov, V. V., Lesnov, S. V., Ryashchenko, T. G. et al., 2015, New Palynological Data on Quarternary Deposits in the Gold-Bearing Area of the Upper Reaches of the Khor River, Western Branches of the Sikhote-Alin' Ridge, *Fundamental Quarternary Problems, Study Results, and Principle Directions for Further Research*, Irkutsk, V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS Publishers, pp. 178–180 [In Russian].

Khotinsky, N. A., 1977, *Holocene in North Eurasia*, Moscow, Nauka.

Kind, N. V., 1974, *Geochronology of the Late Anthropogene by Isotope Data*, Moscow, Nauka [In Russian].

Kolesnikov, B. P., 1961, *Vegetation, Far East: Phisico-Geographical Characteristics*, Moscow, Nauka, pp. 183–298 [In Russian].

Korotky, A. M., 2002, Palynological Characteristics and Radiocarbon Dates of the Upper Quarternary Deposits in the Russian Far East (Lower Reaches of the Amur River, Primorye, Sakhalin, the Kurils), *Late Quarternary Vegetation and Climates in Siberia and in the Russian Far East (Palynological and Radiocarbon Database)*, Magadan, NESC FEB RAS, pp. 257–369 [In Russian].

Korotky, A. M., Grebennikova, T. A., Pushkar', V. S. et al., 1997, Climatic Changes in the South of the Far East in Late Pleistocene – Holocene, *Journal of FEB RAS*, no. 3, pp. 121–143 [in Russian].

Korotky, A. M., Karaulova, L. P., Troitskaya, T. S., 1980, Quarternary Deposits in Primorye: Stratigraphy and Paleogeography, Novosibirsk, Nauka.

Lozhkin, A. V., 2007, Continuous Chronicle of Changes in Chukotka's Natural Environment over the

Past 350K Years, *Pacific Geol.*, vol. 26, no. 6, pp. 53–59 [In Russian].

Lozhkin, A. V., Anderson, P. M., Matrosova, T. V. et al., 2007, The Pollen Record from El'gygytyn Lake: Implications for Vegetation and Climate Histories of Northern Chukotka Since the Late Middle Pleistocene, *Journal of Paleolimnology*, no. 57, pp. 135–153.

Minyuk, P. S., Lozhkin, A. V., Anderson, P. M., et al., 2007, Complex Research of Lake Engteri Sediments, Russian North-East, North-East Science Center Bulletin, no. 4, pp. 2–13 [In Russian].

Nazarkina, A. V., Belyanin, P. S., 2013, Stages of Alluvial Soils Formation in Landscapes of the Bikin River Basin in Mid- and Late Holocene (Amur River Basin), *Soil Sciences*, no. 12, pp. 1411–1422 [In Russian].

Pokrovskaya, I. M., 1950, *Pollen Analysis*, Moscow, Gosgeolizdat.

Razzhigayeva, N. G., Ganzey, L. A., Grebennikova, T. A., et al., 2016, Paleoclimatic and Paleolandscape Records in Holocene Deposits of the Middle Reaches of the Bikin River (Primorye), *Pacific Geol.*, vol. 35, no. 5, pp. 86–100 [In Russian].

Ryashchenko, T. G., Shtelmakh, S. I., Belyanin, P. S., et al., 2014, Microstructure and Geochemical Peculiarities of Cenozoic Deposits in the Sooli River Valley, *Homeland Geol.*, no. 14, pp. 31–40 [In Russian].

Velichko, A. A., 2012, *Evolutional Geography: Problems and Solutions*, Moscow, GEOS [in Russian].

Weninger, B., Jöris, O., Danzeglocke, U., 2002, *Cologne Radiocarbon Calibration & Paleoclimate Research Package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition*, [Electronic resource]; Universität zu Köln, Institut für Urund Fruhgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. Electronic data and software, Köln, 2005–2007.