# Литология

УДК 552.5(571.5) https://doi.org/10.26516/2541-9641.2022.1.45

# Литогеохимические и палинологические показатели палеоклимата раннего плиоцена в озерных отложениях из разреза манзурского аллювия (Предбайкалье)

С.В. Рассказов<sup>1,2</sup>, А. Аль Хамуд<sup>2,3</sup>, А. Хассан<sup>1,2,4</sup>, Н.В. Кулагина<sup>1</sup>, И.С. Чувашова<sup>1,2</sup>, Т.А. Ясныгина<sup>1</sup>, Р.Ц. Будаев<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

<sup>2</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

<sup>3</sup> Университет Аль-Фурат, Дейр-Эз-Зор, Сирия

<sup>4</sup> Университет Аль-Басс, Хомс, Сирия

<sup>5</sup> Геологический институт СО РАН им. Н.Л. Добрецова, Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Манзурский аллювий – полихронный комплекс накоплений песка и галечника в плиоцен-раннеплейстоценовой палеодолине Пра-Манзурки. Слои тонкообломочного (алевритового и глинистого) материала в аллювии редки. В наиболее раннем (бугульдейском) аллювиальном горизонте палеодолины обнаружена 3-метровая озерная линза горизонтально-слоистых тонкообломочных отложений, в которых определен достаточно единообразный состав споровопыльцевых спектров и выявлено отчетливое изменение литогеохимических показателей от слабого выветривания материала в подошве до сильного – в кровле. По смене литогеохимических характеристик озерных отложений установлен эпизод раннеплиоценовых палеоклиматических вариаций холода и тепла, происходивших на фоне консервативного существования лесной растительности теплого и влажного климата.

**Ключевые слова**: Юг Сибири, Предбайкалье, осадочные отложения, плиоцен, четвертичный период, литология, палинология.

# Lithogeochemical and palynological indicators of the early Pliocene paleoclimate in lacustrine sediments from a Manzurka alluvium section (Predbaikal)

S.V. Rasskazov<sup>1,2</sup>, A. Al Hamud<sup>2,3</sup>, A. Hassan<sup>1,2,4</sup>, N.V. Kulagina<sup>1</sup>, I.S. Chuvashova<sup>1,2</sup>, T.A. Yasnygina<sup>1</sup>, R.C. Budaev<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup> Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

<sup>3</sup> Al-Furat University, Deir ez-Zor, Syria

<sup>4</sup> Al Bass University, Homs, Syria

<sup>5</sup> Geological Institute of SB RAS named after N.L. Dobretsov, Ulan-Ude, Russia

**Abstract.** The Manzurka alluvium is a polychronous complex of accumulations of sand and pebbles in the Pliocene-Early Pleistocene Proto-Manzurka paleovalley. Layers of fine-grained (aleurite and clay) material are rare in the alluvium. In the earliest (Buguldeika) alluvial horizon of the paleovalley, a 3-meter lacustrine lens of horizontally layered fine-fragmented sediments was found, in which a fairly uniform composition of spore-pollen spectra was determined and a distinct change in lithogeochemical indicators from weak weathering of material in the foot to strong – in the roof of the lens was revealed. From change in the lithogeochemical characteristics of the lacustrine sediments, an episode of early

Pliocene paleoclimatic variations of cold and heat was established. It occurred on background of the conservative existence of forest vegetation of warm and humid climate.

*Keywords*: South of Siberia, Cis-Baikal region, sedimentary deposits, Pliocene, Quaternary period, lithology, palynology.

"Properly made geologic maps are the most quantitative data in geoscience: While we may debate the nature of a contact, the contact and dip-strike measurements, if properly located, should be there 100-200 years hence and are therefore both quantitative and reproducible, something that cannot be said of experiments in some of the other sciences."<sup>1</sup>

Şengör, 2014

# Введение

В суждениях о поздней истории Южно-Байкальской впадины имелись и имеются разногласия. Ключевая информация о донных осадках оз. Байкал была получена уже в начале 1970-х гг. В разных частях Южно-Байкальской и Северо-Байкальской впадин и разделяющей их перемычки (подводного Академического хребта) 10-12-метровыми колонками был определен неоднородный состав отложений при наличии в нижних частях колонок осадков мелководного или речного происхождения и сделан вывод о молодом (позднеплейстоценовом) возрасте глубокого Байкала (Голдырев и др., 1975; Мац и др., 1975). В последующих реконструкциях поздней тектонической истории озерных впадин этот подход к изучению донных осадков уступил место построениям, оперирующим информацией о таком же строении более глубоких частей осадочного разреза на дне Байкала.

В дискуссии о возрасте глубокого Байкала (Логачев, 1974; Tomilov, 1996; Лопатин, Томилов, 1977, 2004; Лопатин, 2016; Кононов, Хлыстов, 2017) привлекались данные по интерпретации происхождения и возраста древних палеодолин Пра-Манзурки и Пра-Анги на Ангаро-Ленском междуречье северо-западного побережья Байкала. Высказывалась крайняя точка зрения, в которой делался упор на находке аллювия Пра-Мазурки у мыса Роговик, вблизи устья р. Голоустой, на высоте 350 м над уровнем озера, и допускалось отсутствие оз. Байкал в манзурское время. В суходольный этап развития Южно-Байкальской впадины верховья Пра-Манзурки относились к Пра-Селенге (Tomilov, 1996; Лопатин, Томилов, 1977, 2004; Лопатин, 2016).

В последние годы были получены новые данные о строении и возрасте осадочных комплексов, покоящихся на Танхойской тектонической ступени южного побережья оз. Байкал. В изученном разрезе правобережья р. Мишиха были установлены опрокинутые слои эоцена – начала плиоцена, перекрытые четвертичными валунными галечниками, что свидетельствовало о значительных тектонических деформациях, прервавших длительное однонаправленное развитие южного борта Южно-Байкальской впадины в раннем плиоцене (Аль Хамуд и др., 2019, 2021). Новые данные, полученные по отложениям древних палеодолин северо-западного побережья озера, в Ангаро-Ленском междуречье, показали начало накопления аллювия в Пра-Манзурке приблизительно в это же время (Rasskazov et al., 2020).

Древние палеодолины Предбайкалья изучались с 19-го столетия. Развитие

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Правильно составленные геологические карты являются наиболее количественными данными в геонауке: хотя мы можем спорить о природе контакта, измерения контакта и падения, если они правильно определены, должны быть там через 100–200 лет и поэтому являются количественными и воспроизводимыми, чего нельзя сказать об экспериментах в некоторых других науках.

представлений о строении осадочных толщ в палеодолинах служит региональным примером в преподавании дисциплины «История и методология геологических наук» на геологическом факультете Иркутского государственного университета. Цель настоящей работы – дать объективную оценку информации о манзурском аллювии, долгое время изучавшемся геологами с использованием различных подходов, и привести данные по новому опорному разрезу аллювия, в котором обнаружены самые ранние (нижнеплиоценовые) отложения палеодолины Пра-Манзурки. Соответственно, в анализе истории изучения древнего аллювия в Ангаро-Ленском междуречье Предбайкалья мы делаем основной акцент на информации об аллювиальных отложениях с литологическими характеристиками манзурской свиты, для которых обосновывался наиболее древний возраст.

# История изучения древних палеодолин Ангаро-Ленского междуречья

Исторический обзор работ по древним палеодолинам территории выстраивается по принципу начального обоснования новых геологически-значимых выводов, которые подтверждались в последующих работах, выстраивающихся в повторении этих же выводов в рамках «основного потока геологии».

Начальные высказывания о древних палеодолинах А.Л. Чекановского, А.С. Кульчицкого, Н.В. Думитрашко, Е.В. Павловского, Н.В. Фроловой и других геологов-первопроходцев воспринимаются в настоящее время как предположения общего характера, имевшие, тем не менее, основополагающе значение для постановки задач по изучению аллювия. В одной из ранних работ (Павловский, Фролова, 1941) аллювий связывался с формированием «мощной речной сети» после юрских угленосных отложений, накопившихся в результате мезозойско-кайнозойских движений земной коры. Был описан древний аллювий, представленный у дер. Манзурка разнозернистыми желтыми полимиктовыми песками с прослоями и линзами серых вязких глин. В составе гальки отмечены исключительно изверженные и метаморфические породы докембрия местного происхождения.

Систематическое изучение аллювия палеодолины Пра-Манзурки (получившего название «манзурский аллювий») было положено монографией Н.А. Логачева и др. (1964, с. 102), в которой аллювий определялся как «многократное переслаивание или линзование галечников и песков, среди которых лишь изредка встречаются тонкие прослои светлых каолинит-гидрослюдистых глин».

Обращалось внимание на преобладание в галечниках гальки среднего и мелкого размера. На стр. 103 цитированной монографии приведена характеристика обломочного материала: «Галечниковый материал хорошо окатан, что свидетельствует о длительности переноса обломков, подтверждаемой, кроме того, и петрографическим составом галек, среди которых представлена в основном обширная гамма пород Западного Прибайкалья: разнообразные порфиры, фельзиты, ортофиры, порфириты, туфы и туфобрекчии кислых эффузивов, кремнистые породы, кварциты и кварц, реже встречаются граниты, граносиениты, кристаллические сланцы, окремнелые доломиты и известняки, конгломераты, песчаники, аргиллиты и алевролиты. Среди перечисленных пород первое место занимают эффузивы и туфы, составляющие нередко до 60-70 % галек и имеющие своим вероятным источником грубообломочные юрские отложения верховьев рек Голоустной и Ушаковки, либо вулканиты хибеленской свиты. В гальке легко распознаются кремнистые сланцы и песчаники байкальского комплекса и конгломераты ушаковской свиты. Наряду с этим, чуждым для современного бассейна р. Манзурки материалом, составляющим главную массу галек, изредка встречается галька местных пород – окремнелых доломитов и известняков ленского яруса, бордовых и лиловых песчаников и алевролитов верхоленской свиты. В двух случаях отмечены обломки юрского песчаника с углефицированными растительными остатками».

В строении разреза отмечалось два типа макрослоистости – параллельный и линзовидный (косой). Подчеркивалась хорошая отмытость разнозернистых песков от глинистых частиц. Особое внимание уделялось проявлениям глинистых отложений. «Глинистые породы в составе аллювия появляются довольно редко. Они представлены тонкими, не более 30–40 см, невыдержанными прослоями алевритистых и песчанистых каолинитгидрослюдистых глин светло-серого цвета. Местами, например у сел Харбатово и Манзурка, в них имеются неясные отпечатки травянистых стеблей, замещенных железистой охрой. Глины встречаются также в виде «катунов», которые группируются в пределах одного и того же слоя песка. Прослои глин являются полуразмытыми остатками пойменной фации, о чем свидетельствует и наличие глиняных катунов. В основной части разреза доминируют типично русловые фации аллювия, многократно повторяющиеся. Пойменные и старичные фации, видимо, редуцировались при блуждании русла Пра-Манзурки, по мере перехода его на более высокие уровни, однако их роль на заключительной стадии аккумуляции значительно усилилась» (Там же, с. 107).

На примере разреза скважины у с. Кайзеран обосновывалась гипотеза об однонаправленном изменении гранулометрического состава отложений снизу вверх. «В нижней его части непосредственно на доломитах нижнего кембрия (ангарская свита) залегают средние и грубые галечники с валунами, изредка прослоенные грубозернистыми песками (интервал 145-195 м). Выше, в интервале 40-145 м, следуют разнозернистые, в том числе гравийные, пески с прослоями средних галечников. Еще выше (интервал 16-40 м) галечники почти полностью исчезают, но зато появляются мелкозернистые алевритистые пески и алевриты, значение которых возрастает к верхней части интервала. Самый верх разреза (0-16 м) состоит из переслаивания зеленых, зеленовато-серых и «ржавых» алевритов и глин, в той или иной мере нагруженных песчинками кварца и полевого шпата; глины известковистые, местами содержат крап и крупные (до 15 см) желваки белой плотной извести» (Там же, с. 108).

Из анализа приведенного разреза и разрезов других скважин, пробуренных в долине р. Манзурки к северу от одноименной деревни, был сделан вывод «о постоянстве характера литолого-фациальных изменений, а именно – о постепенном измельчении обломочного материала отложений снизу вверх, вплоть до появления глинистых пород, которые соответствуют конечной стадии накопления аллювия и являются уже отложениями «захиревших» рек, озер и болот. Эта верхняя, суглинистая пачка щественно явно контрастирует с остальной, песчано-галечниковой частью разреза, хотя и связана с ней постепенными переходами. Ее можно наблюдать в обнажениях на перевальной седловине водораздела рек Ходонцы и Унгуры, являющейся фрагментом древней долины, в Хоготской долине и на перевале между Хоготской и Карлукской долинами. Разумеется, пачка глин, будучи самым верхним членом разреза, подверглась в большинстве мест полному размыву; наблюдаются лишь небольшие реликтовые пятна, суммарная площадь которых во много раз меньше площади, занятой более низкими горизонтами манзурского аллювия. Эти пятна приурочены к нижнему отрезку долины Пра-Манзурки, ниже пересечения ею Самодурово-Вяткинской синклинали. К югу отсюда и до дер. Косая Степь они не отмечены. Среди глин преобладают песчанистые разности густо-зеленой и зеленовато-серой окраски, реже встречаются желтые, коричневые и красно-бурые. Тонкие линзочки и компактные желваки белой извести, расположенные по слоистости, делают эти глины очень сходными с глинами баяндайской свиты (зеленые разновидности) и с глинами красноцветной формации (красно-бурые глины). Они также полиминеральные, в их составе существенное значение имеет монтмориллонит» (Там же, с. 108–109). Переход в верхней части разреза манзурского аллювия от собственно русловых фаций к пойменным и старичным связывался со сменой аллювия, обусловленной уменьшением силы потоков и временным существованием в контурах древних долин неглубоких озерных бассейнов, аккумулировавших тонкий материал.

К доманзурскому относился аллювий низких террас, захороненных под толщей манзурского аллювия близ с. Подток. Отмечалась высокое химическое выветривание осадочного материала слоя 3 древнего аллювия, ярко окрашенного в красный цвет. По обилию пыльцы травянистых растений (особенно Artemisia sp.) древний аллювий относился палинологом В.М. Климановой к красноцветной формации верхнего неогена. По спорово-пыльцевым спектрам манзурского аллювия в сопоставлении со спектрами слоя 3 разреза у с. Подток предполагалось общее изменение климата в сторону увлажнения, которое привело к замещению степных и лесостепных ландшафтов на лесные, формировавшихся в умеренно-теплых климатических условиях. Аллювиальный манзурский стратон помещался стратиграфически выше красноцветной формации и ниже фаунистически охарактеризованного (корбикулами и остатмлекопитающих, ками соответствующих тираспольскому комплексу фауны) ангинского аллювия нижнего плейстоцена<sup>2</sup>.

За монографией Н.А. Логачева и др. (1964) последовала еще серия работ по изучению осадочного наполнения древних палеодолин Ангаро-Ленского междуречья в середине 1970-х годов (Попова, 1968; Логачев, 1974; Адаменко и др., 1975; Павлов и др., 1976; Гнибиденко, Адаменко, 1976; Лопатин, Томилов, 1977; и др.) и в последующие годы (Адаменко и др., 1980; Попова, 1981; Белова, 1985; Кононов, Мац, 1986; Трофимов и др., 1995; Тоmilov, 1996; Лопатин, Томилов, 2004; Кононов, 2005; Лопатин, 2016; и др.).

Манзурская свита Предбайкальского прогиба сопоставлялась в широком смысле с охристой молассой межгорных впадин Байкальской рифтовой зоны и мощными аллювиальными накоплениями в погребенных тальвегах бассейна р. Селенги (Логачев, 1974). В Предбайкальском прогибе, охарактеризованном в работе (Замараев и др., 1976), манзурская свита рассматривалась как стратиграфическая единица, венчающая разрез осадочных пород конца мезозоя и всего кайнозоя, накопившихся в локальных впадинах (Павлов и др., 1976).

В обстоятельных работах по разрезам осадочных толщ (Адаменко, 1975; Гнибиденко, Адаменко, 1976; Замараев и др., 1976; Адаменко и др., 1980) были приведены результаты изучения многочисленных богатых местонахождений руководящих форм ископаемой фауны мелких млекопитающих. В первых трех публикациях намечалась некоторая асинхронность манзурского и ангинского аллювия, в четвертой говорилось о синхронности свит: «...ангинская свита в полном объеме датируется верхним плиоценом и является стратиграфическим аналогом манзурской свиты» (по схеме МСК) (Адаменко и др., 1980; с. 89-90). Это соответствует оценке возрастного интервала от 3.3 до 0.7 млн лет. По схеме ГИН АН СССР свиты датировались верхней половиной нижнего и средним эоплейстоценом. Наиболее древний возраст отложений основания манзурского аллювия определен как верхнеплиоценовый (вторая половина хапровского времени) по находке в линзах глинистого гравия разреза Самодурово фауны мелких млекопитающих – представителей родов Villania и Mimomys, в незначительном количестве – виды рода Ochotona и Cleitrionomys cf. Rutilis (Адаменко и др. 1980).

При сопоставлении данных, полученных для отложений аносовской свиты Танхойской тектонической ступени на южном берегу Байкала и данных по манзурскому аллювию (Адаменко и др., 1975) палинологом В.А. Беловой были выделены три палинологических комплекса: 1) пыльца тсуги, пихты, ели, ореха, граба, лещины, липы, 2) пыльца смешанных хвойно-широколиственных лесов с большим количеством травянистых степных форм и 3) пыльца хвойных с участием широколиственных элементов. Первый споровопыльцевой комплекс был отнесен к первой половине среднего плиоцена и связывался с поднятием территории с середины среднего плиоцена до кульминации в середине верхнего плиоцена. Второй комплекс сопоставлялся с комплексом манзурского аллювия на северо-западном побережье Байкала. Третий обозначал переходный этап от манзурского к

СССР) подразделялся на ярусы Акчагыл и Апшерон с границей около 2 млн лет. В схеме ГИН АН СССР более древний ярус (Акчагыл) характеризовался фаунистическими комплексами хапровским и молдавским (верхней частью), более молодой ярус Апшерон - таманским фаунистиче-В комплексом. среднем плиоцене ским стратиграфически ниже молдавского фаунистического комплекса обозначался гиппарионовый фаунистическим комплекс. Корреляция разновозрастных слоев аллювия древних палеодолин Предбайкалья с применением обеих схем приведена на рис. 5 в статье (Гнибиденко, Адаменко, 1976). Позже соотношение разных схем стратиграфии обсуждалось на примере Европейской части СССР (Никифорова, Александрова, 1987).

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> В 1960-1970-х гг. использовалось 2 схемы стратиграфии: схема МСК и схема ГИН АН СССР. По схеме МСК принимался рубеж четвертичной системы и плиоцена 0.7 млн лет (граница ярусов Апшерон и Баку). В схеме ГИН АН СССР это время соответствовало рубежу среднеговерхнего плейстоцена (таманского и тираспольского фаунистических комплексов. Тираспольский комплекс характеризовался начальным плейстоценовым похолоданием, во время которого вымерло большинство животных таманского комплекса. По схеме МСК принимался рубеж среднего и верхнего плиоцена 3.3 млн лет. В схеме ГИН АН СССР этот рубеж соответствовал рубежу антропогена и плиоцена. Верхний плиоцен схемы МСК (плейстоцен схемы ГИН АН

ангинскому аллювию. Позже нижняя часть разреза по р. Аносовке, включающая горизонт синих глин, была отнесена к верхнему миоцену (Мац и др., 2001).

Так же как в монографии (Логачев и др., 1964), в этих работах подчеркивалось резкое отличие палинологических комплексов манзурского аллювия от комплексов подстилающих отложений. Однако, если Н.А. Логачев предполагал общее изменение климата от сухого (доманзурского времени) к влажному (манзурского времени) с замещением степных и лесостепных ландшафтов на лесные, В.А. Белова связывала образование манзурского аллювия с условиями похолодания относительно обстановки более теплого палеоклимата, в котором накопились подстилающие отложения. B.A. Белова охарактеризовала комплекс спор и пыльцы доманзурских (нижнеплиоценовых) отложений байшинской свиты в бассейне р. Манзурки близ дер. Алано-Болтай и в других местонахождениях этой свиты Ангаро-Ленской провинции. Она подчеркивала внешнее отличие байшинских отложений от манзурских буровато-коричневых делювиальных как глин и песков. Приведенный ее список спор и пыльцы не содержит доминант; в субдоминантах находятся Alnus, Picea, Abies; в сопутствующих формах – Tsuga sp., Pinus silvestris, Corilus sp., Juglans sp., Tilia sp., Caria sp., Salix sp., Ephedra sp., Graminae, Chenopodiaceae.

Среднеплиоценовых отложений в Ангаро-Ленской провинции В.А. Беловой не выделялось. Ею характеризовались палинологические спектры верхнеплиоценовых отложений подтокской, манзурской и ангинской свит. Приведенные данные подтверждали разновозрастность отложений манзурского аллювия, установленную по ископаемой фауне мелких млекопитающих (Адаменко, 1975; Замараев и др., 1976; Адаменко и др., 1980). В долине р. Манзурки у с. Самодурово в косослоистых галечниках с линзами глинистого гравия были определены спорово-пыльцевые спектры с доминирующей пыльцой Artemisia, субдоминантами пыльцы Pinus silvestris и сопутствующими Chenopodiaceae, Leguminosae, Compositae, а также Belula sect. Albae, Ulmus, Ilex. Она писала о том, что в разрезе между селами Бурхай и Мал.

Голоустное спорово-пыльцевой комплекс из голубовато-серых глин с песком в основании манзурского аллювия доминирует Artemisia, субдоминируют Pinus silvestris, Betula sect. Albae. сопутствуют Compositae, Chenopodiaceae, Leguminosae, Gramineae, Ilex, Ulmus, Quercus. Спорово-пыльцевые спектры из вышележащих гравелистых песков имеют более мезофитный состав доми-Pinus silvestris; субдоминантов нанта Artemisia, Gramineae, Betula sect. Albae, coпутствующих Pinus sibirica, Picea sp., Tsuga sp., Tilia sp., Ulmus sp., Ilex sp. Близкие по составу спорово-пыльцевые спектры выделялись В.А. Беловой в разрезе Косая Степь-1 из нижних глин с песком с сопутствующими мезофитными Tsuga sp., Juglans sp., Corylus sp., Picea sect. Omorica. В горизонтально-слоистых песках верхней части разреза определены обедненные спорово-пыльцевые спектры пыльцы Pinus silvestris, Betula sect. Albae, Leguminosae, Rosaceae, Artemisia sp., Chenopodiaceae.

В.А. Белова (1985) пришла к выводу о том, что спектры раннего плиоцена (байшинская обозначают свита) смешанный состав пыльцы растений мезофитных н ксеромезофнтных местообитаний теплоумеренной зоны. Для спектров позднего плиоцена характерны спорово-пыльцевые спектры с пыльцой растений ксеромезофитных местообитаний полусаванностепного облика (полтокское время). Более поздний аллювий манзурской свиты (вторая половина хапровского времени) содержит пыльцу и споры растений ксеромезофитных местообитаний бореального типа.

В целом, в 1970–1980-х гг. сложилось представление о верхнеплиоценовом-нижнеплейстоценовом (по современной международной хроностратиграфической шкале) возрасте аллювия древних палеодолин Ангаро-Ленского междуречья, основанное на ископаемой фауне мелких млекопитающих и спорово-пыльцевых комплексах. Это заключение было дополнено соответствующей систематикой малакофауны (Попова, 1968, 1981) и определением обратной намагниченности хрона Matuyama для красноцветных отложений Подтокского опорного разреза (подтокской свиты), а также прямой и обратной намагниченности ангинского аллювия. Допускалась интерпретация прямой намагниченности стратиграфически ниже слоев с обратной намагниченностью как показатель хрона Гаусс (Гнибиденко, Адаменко, 1976). В современной хроностратиграфической шкале окончание этого палеомагнитного хрона имеет возраст 2.595 млн лет (Global..., 2016).

По результатам исследования гранулометрического состава манзурской толщи с использованием формул палеопотамологического анализа сделан вывод о накоплении аллювия в крупной реке полугорного типа с нарастанием водонасыщенности вниз по течению Пра-Манзурки, от дер. Б. Голоустное на берегу Байкала к пос. Качуг на берегу р. Лены (Трофимов, 1990). Этот вывод распространялся на все время накопления констративного аллювия Пра-Манзурки. Конкретные данные по разновозрастным стратиграфическим единицам, установленным в разрезах, в короткой заметке не представлялись.

В начале 1990-х гг. была предпринята еще одна попытка уточнить возраст манзурского аллювия посредствам термолюминисцентного (TL) датирования (О.А. Куликов), которое проводилось для проб осадочных отложений, отобранных на всем протяжении долины Пра-Манзурки с параллельными определениями спор и пыльцы (Е.М. Малаева и Н.В. Кулагина). В ангинском аллювии дополнительно изучалась малакофауна (О.М. Попова, И.В. Шибанова). В препринте (Трофимов и др., 1995) стратиграфия отложений была рассмотрена в разделах «Плиоценовые горизонты манзурского аллювия», «Плиоценовый горизонт ангинского аллювия» и «Плейстоценовые горизонты манзурского аллювия». Приведенные палинологические данные и данные о малакофауне в целом подтвердили выводы о полихронности манзурских отложений, сделанные в предшествующих работах (Логачев и др., 1964; Попова, 1968, 1981; Адаменко, 1975; Гнибиденко, Адаменко, 1976; Замараев и др., 1976; Адаменко и др., 1980; Белова, 1985). Новым результатом этой работы было обоснование находки относительно древних (нижне-среднеплиоценовых) отложений в двух разрезах среднего течения р. Бугульдейки. Один разрез находился ниже, другой - выше по течению реки относительно дер. Косая Степь, соответственно, в

карьерах на северной окраине дер. Турунга и на левом борту долины р. Бугульдейки, ниже впадения руч. Бильчетуй.

В первом местонахождении авторами препринта наблюдалось 10-метровое обнажение песчано-галечного материала, грубогоризонтально-слоистого, с прослоями отмытого белесого песка и гравия, во втором – чередование слоев песчано-гравийного и песчано-гравийно-галечного состава. В прослоях отмечалась хорошо выраженная косая слоистость. На глубинах 6.0-6.5 м 12.0-12.5 м были обнаружены валуны. В разрезе встречены «окатыши» серой глины. Наблюдалась неровная граница песков, налегающих на суглинок плотный пестроокрашенный (серый, буровато-серый, коричневый), полосато-ожелезненный и переходящий в желтовато-бурый песок с пятнами ожелезнения.

В первом местонахождении среднего течения р. Бугульдейки из однородной грубообломочной пачки (интервал от 3 до 13 м) было отобрано 7 проб, из которых извлекалось от 286 до 459 зерен, принадлежащих 26 таксонам: Taxaceae (Juniperus?), Tsuga sp. (1,2), Cedrus, Abies, Picea sect. Omorica, P. sect. Eupicea, Larix, Pinus s/g Haploxylon, P. s/g Diploxylon (gen.1,2), Betula sp. (1,2,3), Alnus, Alnaster, Salix, Corylus sp. (1,2), Ulmus sp. (1,2), Tilia, Carpinus, Pterocarya sp. (1,2), Ostrya, Juglans (sp.1.2), Fraxinus, Euoaumys, Sambucus, Diervilla, Lonicera sp. (1,2), Ilex, Myrica, Rhododendron. Во втором местонахождении изучался материал 3-х проб с содержаниями от 438 до 562 зерен из нижнего горизонта суглинка (глубина 15.0-15.1 м), которые были отнесены к 16 родам: *Tsuga sp.* (1,2), Abies, Picea sect. Omorica, P. sect. Eupicea, Larix, Pinus s/g Haploxylon, P. s/g Diploxylon gen. (1,2), Betula sp. (1,2,3), Alnus, Salix, Corylus, Pterocarya, Juglans, Ulmus, Tilia, Fraxinus, Acer, Sambucus. Пыльца травянистых растений развита не значительно. Отсутствует Artemisia sp. (полынь), которая в значительном количестве отмечалась в палинологических спектрах из манзурского аллювия (Логачев и др., 1964; Белова, 1985).

Одни и те же рода и семейства, выделенные в предшествующем абзаце шрифтом синего цвета, показывают сходство между пыльцевыми флорами этих местонахождений (шрифтом зеленого цвета обозначены таксоны, встреченные в первом местонахождении и не обнаруженные во втором). Увеличение разнообразия пыльцы за счет большего количества таксонов широколиственных и экзотических видов покрытосеменных растений в первом местонахождении объяснялось другой фациальной принадлежностью отложений. В этих определениях подчеркивалась основная роль в пыльцевом комплексе *Tsuga*+*Abies*+ Picea+Pinus пыльцы s/gHaploxylon. Во втором местонахождении обнаружен Acer, отсутствующий в первом. В сущности, такие же таксоны выделялись прежде из нижних глин с песком в разрезе Косая Степь-1 (Белова, 1985).

Из сопоставления охарактеризованной раннеманзурской флоры с миоценовой пыльцевой флорой баяндайской свиты Предбайкальского прогиба и плиоценовой флорой горных районов Северной Монголии и Восточного Забайкалья палинологами Е.М. Малаевой и Н.В. Кулагиной был сделан вывод о ее ранне-среднеплиоценовом возрасте. Древнеманзурские отложения с такой флорой были выделены в бугульдейский горизонт.

Основная новая информация о манзурском аллювии, представленная в препринте (Трофимов и др., 1995), заключалась в TLдатировках. Однако, эти определения дали в основном цифры, соответствующие началу позднего плейстоцена, что в целом противоречило выводу о более древнем (плиоценнижнеплейстоценовом) возрасте отложений, который следовал из приведенных в препринте палинологических материалов. Это противоречие с конкретными примерами уже отмечал Е.Е. Кононов (2005). Работа по согласованию палинологических данных с TLдатировками осталась незавершенной из-за внезапной смерти основного исполнителя работ А.Г. Трофимова.

Сведения о методике TL-датирования в препринте отсутствуют. Между тем, корректность использования этого метода целиком зависит от отбора и хранения пробы, а также условий отбора кварцевых зерен в лаборатории (Шейнкман и др., 2009; Oliveira et al., 2019). Можно предположить, что позднеплейстоценовые TL-датировки были получены из-за отбора проб со стенок, длительное время экспонированных солнечной радиации, поэтому результаты TL-датирования не имеют геологического смысла.

Один из важных аспектов изучения манзурского аллювия касался определения временных интервалов стока из Байкала через Пра-Манзурку в Лену и через Иркут в Енисей (Логачев и др., 1964). Подробно этот вопрос обсуждался в статье Е.Е. Кононова и В.Д. Маца (1986), а затем – в монографии Е.Е. Кононова (2005). В этих работах основное внимание было сосредоточено на поздней истории манзурского аллювия. Его ранняя история не рассматривалась. В монографии Е.Е. Кононова представлена более детальная схема распространения аллювия палеодолины Пра-Манзурки, чем в монографии Н.А. Логачева и др. (1964). Приведены детальные зарисовки разрезов аллювия, задокументированного в разных частях этой палеодолины. Для аллювия среднего течения р. Бугульдейки дана зарисовка широко известного сложно построенного разреза Косая Степь-1, вскрытого карьером на левом борту реки. Этот разрез демонстрировался Н.А. Логачевым и др. участникам XI Конгресса ИНКВА, состоявшегося в Москве (Путеводитель..., 1981). Кроме зарисовки разреза Косая Степь-1, помещена зарисовка еще одного разреза левого борта р. Бугульдейка выше по течению этой реки (Косая Степь-2), а также зарисовка более сложного разреза дер. Алгуй правого борта ниже по течению реки. Три привеленных разреза манзурского аллювия среднего течения р. Бугульдейки в литологическом отношении существенно различаются между собой. Между разрезами Косая Степь-1 и 2, нами обнаружен новый карьер, в котором был составлен разрез (Косая Степь-3) (рис. 1).



Прежде чем перейти к изложению полученных материалов по новому разрезу, мы должны признать, что, несмотря на длительное и подробное изучение манзурского аллювия с его демонстрацией участникам XI Конгресса ИНКВА и других международных конференций, опубликованные работы об этом аллювии не выходили за рамки отечественных изданий. Современная наукометрия, губительность которой для науки неоднократно подчеркивалась в публикациях (например, (Çenger, 2014)), коснулась манзурского аллювия с неожиданной стороны. В 2015 г. в международном рейтинговом журнале "International Geology Review" была опубликована статья коллектива авторов, в которой все предшествующие результаты геологических, стратиграфических, палеонтологических и палеомагнитных исследований манзурского аллювия были заменены абсурдным утверждением об одноактном образовании отложений древних палеодолин Предбайкалья вследствие мегацунами Байкала около 100 тыс. лет назад. Предположение о времени этого события основывалось на некорректных TL-датировках (Трофимов и др., 1995). Публикация была рассчитана исключительно на зарубежного читателя, не знакомого с геологией Прибайкалья.

Честь отечественных геологов, в какой-то мере, отстоял В.Д. Мац, опубликовавший в этом же журнале критическую заметку (Mats, 2016), в которой он написал: «Я категорически отвергаю попытку авторов объявить манзурскую свиту производной катастрофы – цунами, произошедшую где-то в позднем плейстоцене - около 100 тыс. лет тому назад» (русская версия рецензии в письменном сообщении). В конечной английской версии его рецензии, опубликованной журналом, эта фраза была заменена сглаженной обтекаемой формулировкой. Позже содержание статьи о мегацунами получило дополнительное критическое опровержение в работах (Кононов, 2016; Кононов, Хлыстов, 2017) и вряд ли нуждается в дополнительных комментариях.

Результативность научных сотрудников и надбавки к заработной плате определяются сейчас в институтах РАН и высших учебных заведениях России по публикациям в «рейтинговых» журналах и количеству ссылок на опубликованную статью. Доводы В.Д. Маца, Е.Е. Кононова и О.М. Хлыстова были игнорированы авторами статьи по мегацунами. «Рейтинговый синдром» повлек за собой публикацию следующей статьи тех же авторов по той же теме в 2018 г. в другом рейтинговом международном журнале «Earth-Science Reviews». Опубликованная эффектная ложная информация, ориентированная на зарубежного читателя, осталась за рубежом. При защите докторской диссертации в 2021 г. одного из соавторов (А.В. Аржанниковой) указанные рейтинговые статьи 2015 и 2018 гг. были исключены ею из списка своих трудов, приведенных в автореферате.

# Методика аналитических исследований

Для определения гранулометрического состава отложений отбирались пробы весом не менее 500 г. Использовались весы с точность 0.01 г. Пробы рассеивались на стандартном наборе сит КСИ (40; 20; 10; 5; 2.5; 1.25; 0.63; 0.315; 0.14 мм). Получались фракции (>40; 40-20; 20-10; 10-5; 5-2.5; 2.5-1.25; 1.25-0.63; 0.63-0.315; 0.315-0.14; <0.14 мм) щебня (гальки) и гравия по ГОСТ 8269.0-97, песка и глинистых частиц - по ГОСТ 8735-88. По результатам рассева рассчитывалось содержание каждой фракций в процентах. Для выяснения фациальных условий осадконакопления, наряду с гранулометрическими показателями, использовались основные палеопотамологические формулы, сводка которых содержится в работе (Коломиец, 1998).

Для аналитических исследований химического состава пробы сначала дробились молотком на наковальне до частиц размером менее 0.5 мм. Чтобы исключить заражение пробы, она истиралась до пудры вручную в агатовой ступке.

Содержания петрогенных оксидов определялись комплексом методов «мокрой химии» (Сизых, 1985), включающих атомно-абсорбционный спектрометрический, спектрофотометрический, гравиметрический и другие классические методы анализа. Просушиванием пробы при температуре 105 °C удалялась гигроскопическая вода (H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>) и прокаливанием при температуре 950 °C – другие летучие компоненты (H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>). Высокотемпературным прогревом из осадочных пород извлекалась конституционная вода минералов (в том числе глинистых) и отжигался детритовый органический материал. Суммой H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>+H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> обозначалась потеря при прокаливании (ППП). Методика силикатного анализа приведена в работе (Сизых, 1985).

Микроэлементный состав пород определялся методом индуктивно-связанной плазменной масс-спектрометрии (ИСП–МС) на приборе Agilent 7500се. Методика охарактеризована в работе (Рассказов и др., 2012).

Для палинологического анализа использовалось 100–200 г осадочной породы. Спорово-пыльцевые спектры отложений определялись по стандартной методике. Объем пыльцы групп растительности и каждого таксона рассчитывался от общего числа в спектре. По характерным таксонам и доминантам давалось название палинозоны в порядке возрастания роли таксонов слева направо.

# Новый разрез Косая Степь-3

### Вводные замечания

Новый разрез Косая Степь-3 открывает возможность уточнения данных о наиболее ранних отложениях Пра-Манзурки, вскрытых карьером в среднем течении р. Бугульдейки. Центр нового карьера имеет координаты: 52°52.563' с. ш., 106°05.674' в. д. Осадочная толща обнажается на двух ярусах карьера (рис. 2). В составном разрезе различаются 5 литологических пачек (рис. 3).



Рис. 2. Схема карьера Косая Степь-3 в плане.

Fig. 2. Scheme of the quarry Kosaya Step'-3 in a plan.



**Рис. 3.** Стратиграфические соотношения литологических пачек в разрезе Косая Степь-3. На схеме показано местоположение и номера образцов, отобранных для литогеохимических и палинологических исследований в северной стенке карьера на нижнем и верхнем ярусах (*a*) и в юго-восточной, южной стенках карьера на нижнем ярусе ( $\delta$ ). По северо-восточному краю разреза  $\delta$  показана последовательность образцов, отобранных на восточной стенке карьера (см. рис. 2).

**Fig. 3.** Stratigraphic relationship between lithological packages in the Kosaya Step'-3 section. The sheme demonstrates locations and numbers of samples taken for lithogeochemical and palynological studies in the northern wall of the quarry on the lower and upper levels (*a*) and in the southeastern, southern walls of the quarry on the lower one ( $\delta$ ). Along the northeastern edge of the section  $\delta$ , a sequence of samples taken on the eastern wall of the quarry is shown (see Fig. 2).

Наиболее ранние отложения песчаной пачки 1 (обр. 1-5) вскрываются в нижнем ярусе западной части карьера. В северной стенке нижнего яруса песчаная пачка 1 перекрывается песчано-гравелистой пачкой 2 (обр. 6-25). Выше прослеживается поверхность размыва, содержащая фрагменты глин (обр. 26). Эта поверхность выходит на стратиграфический уровень горизонтально-слоистой пачки 3. Выше поверхности размыва следуют гравелисто-песчаная пачка 4 (обр. 41-43 слоя гравелитов и обр. 43-48, 54, 55, 96, 97 вышележащих отложений). В новый (более глубокий) размыв вовлекаются пачки 2 и 4. На поверхности размыва пачки 2 обнаружен глинистый валик (обр. 27). Выше глубокой поверхности размыва находится галечниковая пачка с линзами косослоистого песка (пачка 5), образующая хорошо обнаженную северную стенку верхнего яруса карьера. По непрерывным обнажениям нижнего яруса карьера прослеживаются переходы с наращиванием слоев пачки 2 до его восточной стенки,

в которой наблюдается пачка 2 (обр. 52–53), перекрытая по поверхности размыва слоем глин (обр. 53А), синхронных пачке 3. Выше слоя глин залегает гравелисто-песчаная пачка 4.

В южной стенке нижнего яруса карьера пачки 2 и 4 разделены поверхностью размыва, переходящей в линзу горизонтальнослоистых отложений пачки 3 (обр. 28-59 нижний интервал, обр. 60-95 - вышележащие пестроцветные слои). Вдоль южной стенки, от его восточного окончания к центральной части, наблюдается переход от верхних песчаных слоев пачек 2 и 4 к нижним. Горизонтально-слоистая линза пачки 3 перекрывает гравелисто-песчаную пачку 2 и, в свою очередь, перекрывается гравелисто-песчаной пачкой 4 (обр. 96-97). В западной части южной стенки наблюдается тектонический конгоризонтально-слоистых такт отложений пачки 3 с однородными средне-крупнозернистыми песками пачки 1.

Поверхность размыва второй пачки меняет относительное высотное положение перекрывающих пачек на 4–5 м. От этой поверхности внутрь пачки 2 по трещинам распространяются пятна лимонита. Поверхность несогласия между четвертой (гравийно-песчаной) и пятой (галечниковой) пачками обозначена неровным контактом галечников и гравелистых песков, меняющим относительную высоту на 7–8 м.



**Рис. 4**. Фотографии отложений в разрезе Косая Степь-3: *а* – однородный светло-серый карбонатизированный средне-крупнозернистый песок пачки 1; *б* – косослоистый желтый гравелистый песок пачки 2; *в* – горизонтально-слоистая пестроцветная пачка 3 с щебнисто-дресвяным материалом в основании; *г* 

– буровато-желтоватая галечниковая пачка 5 с линзами косослоистого песка; д – латеральный переход от светло-серого песка пачки 1 к желтому косослоистому песку пачки 2; е – контакт пачек 2 и 4 (поверхность размыва и дезинтеграции материала).

**Fig. 4**. Photographs of sediments in the Kosaya Step'-3 section: a – homogeneous light gray carbonatized medium-coarse-grained sand of package 1;  $\delta$  – oblique yellow gravelly sand of package 2; e – horizontally layered variegated package 3 with gravel-wood material at the base; e – brownish-yellowish pebble package 5 with obliquely-layered sand lenses;  $\partial$  – lateral transition from light-gray sand of package 1 to yellow obliquely-layered sand of package 2; e – contact of packs 2 and 4 (erosion and disintegration surface of the material).

### Литологические пачки

<u>Пачка 1</u> представляет собой слой однородного, средне-крупнозернистого светло-серого карбонатизированного песка (рис. 4а) видимой мощностью первые метры.

<u>Пачка 2</u> согласно перекрывает пачку 1. Она сложена хорошо промытым желтым гравелисто-песчаным материалом (рис. 4б), дифференцированным в нижней части в виде серии косослоистых линз мощностью 20–30 см с общей мощностью до 2 м. Выше по разрезу находится косослоистая моноклинальная гравелисто-песчаная залежь чередующегося по крупности материала, видимая мощность которого в карьере составляет не менее 25 м.

Пачка 3 – линза горизонтально-слоистых отложений, залегающих на поверхности размыва. В подошве линзы находится желтый песок пачки 2, переходящий по латерали в несортированный и неокатанный щебнистодресвяный фисташково-зеленый, местами рыжий материал, в котором встречен 20-сантиметровый глинистый овоид (обр. 28). Выше находится слой однородного светлокоричневого разнозернистого несортированного песка мощностью около 60 см (литологический интервал 1), в котором слабо намечается субгоризонтальная полосчатость. Местами полосы переходят в клинья. Кровля слоя маркирована ярким охристым материалом толщиной до 0.5 см (обр. 59А) и редкими гальками размером 2-3 см (рис. 4в).

Выше перемежаются горизонтально-слоистые алевритовые и песчано-алевритовые отложения мощностью до 2.5 м. Чередуются слои, окрашенные в светло-коричневый, рыжий и серый цвета, имеющие первично седиментационное происхождение.

Во втором литологическом интервале нижний слой пачки (мощность 20 см) (обр. 60А) сложен серыми алевритами с черными горизонтальными прослоями толщиной до 3 см. Его верхняя граница обозначена лимонитизированным прослоем толщиной до 3 мм (обр. 61А). Вышележащий слой серых алевритов (обр. 62А, мощность 10 см) вновь содержит черные горизонтальные слойки. Еще выше находится слой (обр. 63А, мощность 10 см) с черными косыми линзочками толщиной до 3 см. Дальше характер слоистости меняется. Идут серии тонких (1-2 см) алевритовых, чередующихся по цвету (серых и рыжих) слойков (обр. 64А-69А, мощность серии 25-30 см).

Вновь меняется характер слоев. Начинается третий литологический интервал. Слой серых алевритов (обр. 70, мощность 5 см) сменяется слоем рыжих алевритов (обр. 71, мощность 6 см), переходящих в тонкое переслаивание серых и темно-коричневых алевритов (мощность 4 см). В слое присутствует редкая мелкая галька и наблюдаются мелкие (первые мм) белые (карбонатные?) включения. Выше находятся чередующиеся слои алеврита и песка мощностью от 3 до 25 см. В основании этой серии, выше резкой границы на подошве, идет слой песка, светло-коричневого почти однородного (низ - обр. 72, верх – обр. 73; мощность слоя 10 см). Далее в пачке 3 следуют: слой серого алеврита (обр. 74, мощность 3 см), слой светло-коричневого алеврита (обр. 75, меняющаяся мощность 2-4 см), слой серого однородного алеврита (обр. 76, выдержанная мощность 2.5 см), слой неоднородного от рыжего до темно-коричневого и темно-серого алевритистого песка (низ - обр. 77, середина - обр. 78, верх - обр. 79; мощность слоя 10-15 см).

Новый (четвертый) литологический интервал начинается слоем однородного серого алеврита (низ – обр. 80, верх – обр. 81; мощность слоя 8 см). Далее идет слой неоднородного рыжего алевритистого песка (обр. 82, мощность 5 см), слой неоднородного серого алеврита с Fe-Mn конкрециями (низ - обр. 83, верх – обр. 84; мощность слоя 8–11 см), невыдержанная охристая граница, слой серого алеврита (обр. 85, мощность 8-10 см), трасса выклинивающихся линз рыжего неоднородного песчанистого алеврита (обр. 86, мощность 0-3 см), слой однородного серого алеврита (обр. 87, мощность 10 см), слой рыжего алеврита с мелкой галькой (обр. 88, мощность 2-3 см), слой серого алеврита (обр. 89, мощность 3 см).

Пятый литологический интервал начинается слоем рыжего алеврита (обр. 90, мощность 3 см). Далее идет слой серого алеврита (обр. 91, мощность 10 см), слой светло-коричневого песчанистого алеврита (обр. 92, мощность 6 см), слой серовато-коричневой глины с включениями детритового органического материала (низ – обр. 93, верх – обр. 94, мощность 20 см), слой серого алеврита, выклинивающегося, частично размытого (обр. 95, мощность до 10 см). <u>Пачка 4</u> представлена косослоистыми желтыми песками, подобными пескам пачки 2. Так же как в пачке 2, наблюдается моноклинальное залегание слоев. В нижней части пачки находится слой желтых гравелитов мощностью до 0.5 м, который залегает на поверхности размыва, произошедшего перед образованием горизонтально-слоистой линзы. Видимая мощность пачки составляет первые десятки метров.

<u>Пачка 5</u> перекрывает поверхность размыва пачки 4 и сложена мелким галечником, перемежающимся с линзами песка в субгоризонтальных слоях общей видимой мощностью более 15 м (рис. 4г).

Контакты между пачками отчетливо выражены (рис. 4д,е).

Гранулометрический состав отложений и его палеопотамологическая интерпретация

Данные о гранулометрическом составе отложений разреза Косая Степь-3 приведены в табл. 1. Для расчета статистических и палеопотамологических характеристик использованы формулы табл. 2. Результаты расчетов приведены в табл. 3, 4 и иллюстрированы на рис. 5, 6.

Таблица 1

# Гранулометрический состав отложений

Table 1

Номер	Фракция (100 %)									
пробы	>40	40-20	20-10	10-5	5-2.5	2.5-1.25	1.25-0.63	0.63-0.315	0.315-0.14	< 0.14
						Пачк	a 1			
MNZ/1	0	0	0.2	0.9	2.9	6.6	44.5	24.9	9.7	10.3
MNZ/2	0	0	0.6	1.2	2	3.2	19.7	40.3	21.6	11.4
MNZ/3	0	0	1.4	2.8	4.6	9.8	17.7	32.1	22.4	9.2
MNZ/4	0	0	0.1	0.6	1.3	2.5	6.3	27	48.8	13.3
MNZ/5	0	0	0	0.3	1	1.7	4.3	22.2	55.2	15.3
						Пачк	a 2			
MNZ/6	0	0	0.2	0.1	1.3	3.6	6.2	27.6	45.7	15.3
MNZ/7	0	0	0.2	0.7	4.2	9.7	23.9	32.2	18.9	10.2
MNZ/8	0	0	0	0.1	0.6	1.2	8	37.6	40.9	11.6
MNZ/9	0	0	0	0.3	1.1	1.3	4.7	33.2	46.1	13.3

#### Granulometric composition of sediments

59

MNZ/10	0	0	0	0.1	0.2	0.3	4.5	48.7	31.1	15.1
MNZ/11	0	0	0.2	0.3	1.4	7.7	27.8	28.5	22.2	11.9
MNZ/12	0	0	2	3.6	7.4	10.8	22.5	29.3	14.9	9.5
MNZ/13	0	0.9	15.5	14.8	8.6	9.1	15.8	14.6	11.6	9.1
MNZ/14	0	0	6.9	21.6	12.4	11.1	11.1	13.6	14.4	8.9
MNZ/15	0	0	0	0	0.2	0.6	3.4	10	62.9	22.9
MNZ/16	0	0	0.1	3	2.3	1.8	5.8	13.9	50	23.1
MNZ/17	0	0	0	1.7	5.9	7.8	22.7	26.9	22.3	12.7
MNZ/18	0	0	0	0.4	3.6	6.4	26.4	24.8	25.4	13
MNZ/19	0	0	0	0.7	0.5	3.9	30.2	31.7	20.9	12.1
MNZ/20	0	0	0.2	1	6.5	13.8	34.5	17.1	15.5	11.4
MNZ/21	0	0	0	0.9	2	5.2	26.4	30.8	19.9	14.8
MNZ/22	0	0	0.2	1	7.5	17	24.7	16.7	21.6	11.3
MNZ/23	0	0	0.2	0.4	1.5	4.5	28.5	39.3	15.3	10.3
MNZ/24	0	0	0.3	0.7	2.6	7.4	32.8	29.9	15.4	10.9
MNZ/25	0	0	0	0.9	3	6.9	16.7	30.4	30.9	11.2
MNZ/52	0	0	0	0.9	3.8	10.5	30	32.8	12.3	9.7
MNZ/53	0	0	0	1.2	4.3	9.7	29	34.5	11.4	9.9
					Π	[ачка 3, ин	нтервал 1			
MNZ/56	0	0	0	1.6	2.9	2.3	3.3	1.9	7.4	80.6
MNZ/57	0	0	0		0.7	0.4	1.3	1.9	2.6	93.1
MNZ/58	0	0	0	0.3	1.1	1.1	2.1	2.2	7.1	86.1
MNZ/59	0	0	0	0.4	1	1.1	2	2.1	8.3	85.1
						Пачк	:a 4			
MNZ/41	0	1.6	1.8	5.9	10.2	12.5	28.4	21.9	7.5	10.2
MNZ/42	0	3.7	1.8	5.6	11.8	20.6	27.1	13.3	6.8	9.3
MNZ/43	0	0	0.5	1.1	4.9	12.8	38.5	21	10.2	11
MNZ/44	0	0	0	0.1	0.3	0.8	4.4	14.8	53.9	25.7
MNZ/45	0	0	0	0	0.2	0.4	1.6	20.8	51	26
MNZ/46	0	0	0	0.1	0.2	0.8	2.1	29.2	40.8	26.8
MNZ/47	0	0	0	0.7	2.4	5.4	18.4	36.3	18.8	18
MNZ/48	0	0	0	1.2	4.4	9.5	32.5	25.5	14.6	12.3
MNZ/54	0	0	0	0.9	3.4	13.8	37.4	19.3	11.1	14.1
MNZ/55	0	0	0	1.2	6.2	14.5	28.2	21.8	15.5	12.6
MNZ/96	0	0	0	2.4	5.2	18.9	32.3	17.6	10.4	13.2
MNZ/97	0	0.5	1.6	2.8	5.9	16.7	32.1	16.2	12.1	11.1
						Пачк	:a 5			

MNZ/49	3.3	16.8	17.2	12.8	12.7	7.5	9.4	10.9	6.9	2.5
MNZ/50	14.8	7.6	20	16.3	15.8	7.8	8.7	3.2	2.8	3
MNZ/51	0	21.9	20.1	13.8	9.2	10.2	8.4	6.8	6.5	3.1
MNZ/29	8.7	16.6	21.4	12.9	9.2	7.4	10.2	7.7	4.1	1.8
MNZ/30	8.1	25	19.8	10.7	7.9	8.6	7.8	6.8	3.6	1.7
MNZ/31	0	24.3	19.5	12.2	7.7	6.8	6.8	11.8	7.6	3.3
MNZ/32	6.9	15.9	13.2	8.8	6.9	7.2	9.4	14.6	13.4	3.7
MNZ/33	0	0.2	3.7	4	8.2	7.3	13.1	33.1	24.9	5.5
MNZ/34	5.5	29.2	21.8	10.2	5.2	4.6	4.8	11.2	5.6	1.9
MNZ/35	6	24.8	21.4	7	4.5	1.8	1.9	16.1	13.6	2.9
MNZ/36	0	0.7	3.4	1.5	0.9	1.1	3.9	30	50.1	8.4
MNZ/37	0	2.1	2.1	1.8	2.2	0.7	3.8	52.6	28.1	6.6
MNZ/38	9.1	4.9	27.7	13.6	7.1	4.2	3.7	17	9.5	3.2
MNZ/39	0	1.2	3.1	2.7	1.5	1.8	3.9	32.7	44	9.1
MNZ/101	12.8	30.8	16.7	7.5	3.8	2.6	3.9	12.9	6.9	2.1
MNZ/102	0	0	0	0	0.4	0.4	0.8	3.6	70.7	24.1
MNZ/103	7.9	28.7	20.4	13.6	9.4	4	4	3.6	4.4	4
MNZ/104	14.1	21.6	25.2	13.5	6.4	3.7	3.7	2.9	6	2.9
MNZ/105	7.1	40.5	15.9	7.2	5.5	4.8	6.3	5.6	4.4	2.7
MNZ/106	2.5	33	27.5	9.2	7.7	6.3	4.7	3.2	3.1	2.8
MNZ/107	7.7	33.4	19.5	9.3	4.1	5.8	6.5	6.2	4.1	3.4
MNZ/108	6.7	24.7	22.1	15	6.6	8.2	7	3.3	2.9	3.5
MNZ/109	1.8	25.2	29.5	14.2	7.4	4.3	3.5	3	6.4	4.7
MNZ/110	13.5	29	21	8.6	5.3	3.5	4.3	4.4	6.2	4.2
MNZ/111	0	8.2	12.9	11.8	8.8	7.3	8.8	36.3	3.2	2.7
MNZ/112	6.5	15.5	16.6	18.7	13.8	13.4	6.1	2.8	2	4.6

Таблица 2

# Сводка основных статистических и палеопотамологических формул обработки гранулометрических данных (Коломиец, 1998, 2010)

\_

# Table 2

# Summary of the main statistical and paleopotamological formulas for processing granulometric data (Kolomiets, 1998, 2010)

Коэффициент	Формула	Примечание
Гранулометриче- ские коэффици- енты ( $\mu_{1-4}$ ) (Шара- пов, 1965; Боровко, Боровко, 1967; Шванов, 1969).	$ \begin{array}{l} \mu_1 = x^* = 0.01 \Sigma f x; \\ \mu_2 = 0.01 \Sigma f (x - x^*)^2; \\ \mu_3 = 0.01 \Sigma f (x - x^*)^3; \\ \mu_4 = 0.01 \Sigma f (x - x^*)^4 \end{array} $	f – частота встречаемости (в %) различных значений ар- гумента совокупности х; х* – средневзвешенное арифме- тическое х (х* = µ <sub>1</sub> )
Стандартное откло- нение (σ)	$\sigma = \mu_2^{1/2}$	Большие значения σ свидетельствуют о плохой сортировке материала, а их уменьшение – о ее наличии в той или иной мере

Коэффициент вари- ации (v)	v=o/x*	Для озерных отложений значения v находятся в пределах от 0.2 до 0.8, для речных – от 0.4 до 2.0, для неаллювиальных – превышают 2.0
Коэффициент асимметрии (α)	$\alpha = \mu_3 / \sigma^3$	Положительные значения α дают представление о высо- кой активности среды осадконакопления, а отрицатель- ные значения α – о низкой
Эксцесс (т)	$\tau = (\mu_4/\sigma^4) - 3$	$\tau=0-$ соответствует нормальному распределению. $\tau>0$ указывает на относительно спокойный тектонический режим среды осадконакопления. $\tau<0$ указывает на тектонически нестабильные условия осадконакопления
Скорость сдвига или срывающая скорость (v <sub>cp</sub> )	$v_{cp} = 3.14(15d+0.006)^{1/2}$	d – диаметр частиц наносов в метрах, цифры – эмпириче- ские коэффициенты
Скорость отложе- ния (V <sub>отл</sub> )	$v_{\text{otn}}=0.64v_{\text{cp}}$	
Глубина потока (H)	$H=(v_{oTTI}/3.7d_{p\phi}^{1/3})^6$	Формула Г.И. Шамова. d <sub>pф</sub> – основная фракция речных наносов, руслоформирующий диаметр
Скорость потока (v)	$v=2.5v_{cp}(d_{p\varphi}/H)^{1/12}$	Формула В.Н. Гончарова (Чеботарев, 1960)
Универсальный критерий А.Н. Ля- пина (β)	$\beta = v/(gH)^{1/2}$	Формула А.И. Животовской (1964). g – ускорение силы тяжести (9.81 м/сек). Грядовые формы и, как следствие, косая слоистость в отложениях образуются при $\beta = 0.2-1.0$ . Если значения $\beta > 1$ , гряды уничтожаются, если $\beta < 0.2$ , дно представляет собой глад- кую поверхность
Продольный уклон (I)	$I=v^2/c^2H$	с – коэффициент Шези (с = $33(H/d_{p\phi})^{1/6}$ , где $d_{p\phi}$ – диаметр частиц в миллиметрах (Чеботарев, 1960)
Коэффициент ше- роховатости (n) (Караушев, 1977)	$n = 0.03 d_{p\varphi}^{1/6}$	Формула Штриклера-Чанга. d <sub>pф</sub> – диаметр частиц в миллиметрах. По значениям этого коэффициента с использованием таблицы М.Ф. Сриб- ного (Чеботарев, 1960) или таблицы И.Ф. Карасева (Луч- шева, 1983) делается подробное заключение о характере русла, его гидрологических особенностях, режиме тече- ния, рельефе дна, типе поймы и о природе произрастаю- щей на пойме растительности (густой лес, кустарники, разнотравье), о наличии болотистых участков, углубле- ний, стариц и др.
Средняя ширина русла (В)	$\mathbf{B} = (\alpha \mathbf{H})^2$	Формула В.Г. Глушкова (Чеботарев, 1960). $\alpha$ – эмпирический коэффициент, значения которого варь- ируются: для горных рек $\alpha$ = 1.4, для рек с песчаным, легко размываемым руслом $\alpha$ = 5.5, средняя величина ко- эффициента $\alpha$ = 2.75
ф-критерий устой- чивости русла (Ка- раушев, 1977)	$\phi = v^2/gd_{p\phi} - (15+0.006/d_{p\phi})$	Если 0 < $\phi$ < 100, русло считается слабоподвижным, и, следовательно, его эрозионная деятельность будет слабой, если 100 < $\phi$ < 500, русло рассматривается как подвижное, если $\phi$ > 500 – русло относится к очень подвижному
Число Лохтина (Л)	$\Lambda = d_{p\phi}/HI$	$d_{p\varphi}$ – диаметр частиц в мм, глубина потока H – в м, про- дольный уклон I – в м/км. По числу Лохтина делается за- ключение о крупности реки (высокое значение $\Lambda$ ) и о бли- зости конечного водоема (малое значение $\Lambda$ )
Число Фруда (Fr) (Маккавеев, Чалов, 1986)	$Fr=v^2/gH=\beta^2$	Число Фруда характеризует соотношение между силой инерции и внешней силой (в поле которой происходит движение), действующими на элементарный объём жид-кости. Равнинное значение Fr < 0.1, полугорное 0.1 < Fr < 0.3, горное Fr > 0.3

#### Таблица З

Пачка (ин-	Средний раз-	Коэффициент	Асимметрия	Эксцесс (τ)	Коэффициент
тервал)	мер (х), мм	сортировки	(α)		вариации (v)
	_	(σ), MM			-
1	0.72	1.23	6.67	>0	1.70
2	1.02	1.36	5.52	>0	1.34
3(1)	0.22	0.67	7.51	>0	3.00
4(1)	2.08	3.89	4.65	>0	1.77
4(2)	0.78	1.04	5.61	>0	1.26
5	11.88	13.27	2.64	>0	1.44
				(№31)<0	

#### Средние значения статистических параметров отложений в разрезе Косая Степь-3

Таблица 4

#### Средние значения палеопотамологических характеристик отложений в разрезе Косая Степь-3

1	0.31	0.25	0.62	8.40	0.21	0.39	<100	36.0	1.40	0.16
2	0.28	0.28	0.68	7.26	0.26	0.42	<100	34.9	1.37	0.18
3 (1)	0.30	0.19	0.39	7.21	0.03	0.19	<100	43.4	1.91	0.04
4 (1)	0.59	0.38	0.98	2.5	0.53	0.56	<100	29.9	1.21	0.31
4 (2)	0.24	0.22	0.52	4.12	0.12	0.31	<100	38.6	1.56	0.10
5	1.24	0.79	2.11	14.9	0.79	0.63	<100	24.5	1.17	0.41



**Рис. 5.** Сопоставление значений коэффициента вариаций (v) в отложениях Пра-Манзурки (разрез Косая Степь-3): пачки 1, 2 (*a*) и нижний интервал пачки 3 (*б*). Схему отбора проб см. рис. 2, 3. Генезис отложений: 1 – озерный; 2 – комплексный озерно-аллювиальный; 3 – аллювиальный; 4 – неаллювиальный.

**Fig. 5.** Comparison of values of the coefficient of variation (v) in sediments from section Kosaya Step'-3): packages 1, 2 (*a*) and the lower interval of package 3 ( $\delta$ ). Samples locations are shown in Figs 2, 3. Genesis of sediments: 1 – lacustrine; 2 – complex lacustrine-alluvial; 3 – alluvial; 4 – non-alluvial.



**Рис. 6.** Сопоставление значений коэффициента вариаций (v) в отложениях разреза Косая Степь-3: пачки 4 (*a*) и 5 ( $\delta$ ). Схему отбора проб см. рис. 2, 3. Условные обозн. см. рис. 5.

**Fig. 6.** Comparison of values of the coefficient of variation (v) in sediments of section Kosaya Step'-3: packages 4 (*a*) and 5 ( $\delta$ ). Samples locations are shown in Figs 2, 3. Symbols are as in Fig. 5.

Пачка 1 (песчаная, обр. 1-5) содержит песчаные фракции: средне-мелкозернистую, мелко-среднезернистую (x=0.37-0.46 мм) до крупно-грубозернистой (х=0.75-1.15 мм). Зерна полуокатаны. Стандартное отклонение (σ=0.59-2.15) определяет плохую, реже – недостаточную сортировку осадков. Значение коэффициента асимметрии, вычисленное по методу первых четырех центральных моментов распределения, положительно в пределах первого десятка единиц (а=4.49-8.57) и отражает значительную изменчивость среды седиментации. Эксцесс плюсовой, что прямо указывает на стабильность этой среды, постоянное поступление новых, но небольших порций наносов в бассейн осадконакопления и преобладание обработки материала над его привносом. Числовые параметры коэффициента вариации (v=1.25-1.95) соответствуют аллювиальному происхождению отложений.

По числу Фруда водотоку был свойствен полугорный (Fr=0.1–0.3), реже равнинный (Fr<0.1) тип устойчивого, хорошо разработанного русла с площадью водосборного

64

бассейна >100 км<sup>2</sup>, с беспрепятственным течением воды в благоприятных ситуациях положения ложа (коэффициент шероховатости, n=32–39). Сдвигающие скорости, при которых частица осадка приходила в движение, колебались в пределах от 0.34 до 0.48 м/с, предельные скорости накопления составляли 0.2–0.3 м/с, поверхностные скорости течения – 0.49–0.77 м/с. Нижний порог глубины водного столба составлял 0.23–0.29 м. Значения ф-критерия устойчивости русла менее 100 единиц свидетельствует о его слабоподвижном характере. В фациальном отношении осадки принадлежат речной макрофации (русловая группа).

<u>Пачка 2</u> (серийно-косослоистая, гравелисто-песчаная, обр. 6–25, 52–53) представлена промытым, косослоистым песком. Она имеет пестрый литологический состав – от мелкозернистых песков (х=0.26 мм) до мелкого гравия (х=4.45 мм). Толща насыщена гравийными обломками, среди которых преобладают мелкие разности. Сортировка осадков умеренно-хорошая ( $\sigma$ =0.26–0.59), очень плохая (о=0.74-1.43) до ее отсутствия (σ=2.48-5.76). Несмотря на повышенный динамизм в среде осадконакопления, тектоническая составляющая процесса седиментации остается постоянной (числовой показатель эксцесса возрастает в пределах десятков и первой сотни единиц). Значения коэффициента вариации (v=0.9-2.3) определяют среду седиментации, как крупный стационарный русловой поток главным образом полугорного (Fr=0.1-0.2), реже горно-грядового (Fr=0.4), а также равнинного (Fr<0.1) типов постоянных, хорошо разработанных русел со свободным течением воды в обычных и блаусловиях положения гоприятных ложа (n=25-41). По ф-критерию устойчивости русел, величина которого <100 единиц, палеорусло было слабоподвижным. Вычисленные значения числа Лохтина (Л=1.1-1.7) свидетельствуют о приближении исследуемого потока к конечному водоему (придельтовые условия). Аквальная палеосреда седиментации характеризовалась скоростями течения 0.43-1.43 м/с, срывающими скоростями, приводящими в движение осадочный материал, 0.31-0.85 м/с, придонными скоростями отложения 0.20-0.54 м/с и меженными глубинами 0.2-0.5 м.

<u>Пачка 3</u> (горизонтально-слоистая, алевропесчаная, обр. 56–95) подразделяется на литогеохимические интервалы 1–5 (см. далее).

Нижний сравнительно однородный интервал (интервал 1, обр. 56-59) состоит из слоя алевропесков (x=0.13-0.19 мм), песков с доминированием мелкозернистых частиц (x=0.20 мм) среднезернистых и близких к ним по составу (х=0.39 мм). Коэффициент сортировки находится в пределах 0.34-1.13 и определяет умеренно-хорошую, реже - недостаточную отсортированность осадков. Коэффициент асимметрии (α>1) со сдвинутой модой в сторону крупных частиц оценивает энергетические уровни живых сил седиментации на этот временной срез как относительно высокие. Эксцесс положителен (т>0). Величины коэффициента вариации находятся в поле от 2.73 до 3.23 и свидетельствуют о неаллювиальном происхождении осадков.

Вышележащие слои пачки (интервалы 2– 5, обр. 60А–95) алевритовые с редкими песчаными прослоями характеризуют накопление горизонтально-слоистых осадков в проточном озере, переходящем на последней стадии его существования в режим заболачивания с накоплением детритового органического материала. Гранулометрический состав пород этой пачки не определялся.

Пачка 4 (гравелисто-песчаная, обр. 41-43, 44-48, 54-55, 96-97) Нижний слой (обр. 41-43) сложен гравийно-дресвяно-песчаными смесями (x=1.07-2.97 мм). По статистическим параметрам осадкам свойственна очень плохая сортировка (σ=1.07) и ее отсутствие (σ=4.37-5.86). По значениям коэффициента вариации (v=1.36-1.98) устанавливается аквальный характер среды осадконакопления. Породы относятся к аллювиальному генотипу. Палеопотоки характеризовались полугорным грядовым (Fr>0.1) типом натуральных постоянных русел, пребывающих в обычных естественных условиях состояния ложа и свободного течения воды (n>28). Минимальные значения срывающих скоростей водотока, при которых данные отложения приходили в движение и испытывали перенос, составляли 0.47-0.71 м/с. Новое осаждение их происходило с уменьшением придонной скорости до интервала 0.3-0.45 м/с. Поверхностные скорости течения палеорек были не более 1.2 м/с. По ф-критерию устойчивости русел, величина которого не превышает 32 единицы, они относятся к малоподвижным и неспособным к эрозии, которая могла бы привести к изменениям гидрографической сети и рельефа в целом.

Вышележащая (моноклинально-косослоистая, песчаная часть пачки 4, обр. 44-48, 54-55, 96-97) содержит гравелисто-среднезернистые пески (х=0.26-1.01 мм). Осадки определяются как умеренно сортированные в нижней части пачки (σ=0.25-0.38) и очень плохо сортированные (о=0.99-1.16) – в верхней. Эмпирический полигон распределения их асимметричен со сдвинутой доминантной модой в сторону крупных частиц (α>1). Они характеризуются положительным эксцессом коэффициента И значениями вариации v=0.94-1.94, соответствующими речному происхождению. Местом аккумуляции субстрата являлся стационарный водный поток с глубинами 1.94-18.59 м, который по числу Фруда относился к равнинному (Fr<0.1), реже – полугорному (Fr>0.1) типу русел со свободным течением воды в комфортных придельтовых условиях состояния ложа (n=33-41;  $\Lambda$ =1.23-1.74). Поверхностные скорости течения составляли 0.43-0.87 м/с, пульсационные срывающие скорости транспортировки обломочного материала – 0.31–0.54 м/с, придонные скорости отложения – 0.20–0.34 м/с.

Пачка 5 (песчано-галечниковая, обр. 49-51; 29-39; 101-112) отличается от нижележащих пачек полифракционностью. Отложения содержат до 10 фракций, функционально зависящих от преобладания турбулентности в водной среде, которая свойственна аккумуляции наносов именно аллювиального типа. Обломочные частицы соответствуют гравийно-галечной размерности: крупной (х=6.0-22.2 мм), реже – грубозернисто-песчаной (х=1.1-1.7 мм). В средней части пачки 5 присутствует линза мощностью до 0.5 м, состоящая из косослоистых песков с преобладанием их мелкозернистых разностей (x=0.23 мм).

Мелкообломочная часть гранулометрического спектра представлена песками с почти равным содержанием основных фракций и небольшими примесями алевритово-глинистого материала. Зерна хорошо окатаны, реже – полуокатаны. Отложениям свойственно полное отсутствие сортировки (σ=3.3-23.1). Преимущественно положительные (первый десяток) и даже резко положительные (десятки – первая сотня единиц) значения эксцесса определяют устойчивость тектонических условий осадконакопления, стабильный привнос терригенного материала и достаточно качественную обработку в среде седиментации. Отдельная проба имеет отрицательный показатель эксцесса (т=-1,17), что обусловлено вовлечением в процесс аккумуляции дополнительного количества вещества, функционально зависящего от колебаний тектонического фона. Параметры коэффициента изменчивости (v=0.90-1.96) определяют аквальный характер бассейна седиментации и аллювиальный генотип. Отдельные пробы имеют примеси осадков, отличные от речного происхождения (v>2.0). Аккумуляция толщи могла осуществляться

блуждающим, средним по величине водотоком полугорного грядового (Fr>0.1) типа с натуральным постоянным руслом, извилистым, частично заросшим, каменистым с неспокойным течением (коэффициент шероховатости n>20). Палеорусло имело придонную скорость отложения 0.31–1.17 м/с, поверхностную скорость течения воды 0.41–3.14 м/с, максимальную глубину в меженный период 0.3–1.6 м. ф-критерий устойчивости (<100 ед.) определяет такой водный поток как малоподвижный. По фациальной природе описываемые осадки принадлежат речной макрофации (русловые стрежневые и нестрежневые группы фаций).

# Литогеохимия

Значения индекса химического выветривания (CIA) (Nesbitt, Young, 1982) в породах, слагающих аллювиальные пачки 1, 2, 4 и 5, находятся в интервале 53.7–59.7. Такие значения свидетельствуют о слабой степени выветривания обломочного материала. В составе озерной пачки 3 горизонтально-слоистых отложений преобладают более тонкие обломочные фракции в сочетании с глинистыми минералами. Значения СІА в этой пачке возрастают до 74, что свидетельствует о сильном выветривании материала.

В пачке 3 обнаруживается скрытая неоднородность по литогеохимическим параметрам. При послойном анализе пород в ней выделяются интервалы, представленные образцами: 1) 56–59; 2) 60А–68А, 3) 69А–79, 4) 80– 89 и 4) 90–95 (рис. 7).

Породы интервала 1, образующие единый 0.6 метровый слой, имеют низкие значения CIA (57.1–59.8), малые потери при прокаливании (ППП) (4.1–5.2 мас. %), возрастающие со слабым понижением SiO<sub>2</sub> (от 66.8 до 63.0 мас. %). Породы этого слоя имею пониженную окисленность железа в основании (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO = 3.9–4.1) и повышенную – в кровле (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO = 7.7–8.5), повышенное отношение CaO/Na<sub>2</sub>O в основании (0.70–0.72) и пониженное – в кровле (до 0.54).

В породах интервала 2, объединяющего тонкослоистую серию, значения СІА возрастают (59.4–63.2) с возрастанием ППП (в основном 4.8–6.0 мас. %, в верхней части – до 8.0 мас. %). В обр. 66А, кроме высокого значения ППП, наблюдается аномально низкое содержание SiO<sub>2</sub> (54.2 мас. %) и аномально высокое отношение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO (21.9).



**Рис.** 7. Вариации литогеохимических параметров в пачке 3 в сопоставлении с параметрами серых глин из овоидов и слоев поверхностей размыва. Параметр СІА рассчитан по молекулярным количествам оксидов. Учитывая возрастание этого параметра снизу вверх по разрезу, для пород интервалов 1 и 2 нижней части пачки использованы холодные цвета (зеленый и синий), для пород интервала 3 средней части пачки и вышележащих интервалов 4 и 5 – теплые и горячие цвета (желтый, оранжевый и красный). ППП – потери при прокаливании.

**Fig. 7**. Variations of lithogeochemical parameters in package 3 in comparison with those of gray clays from ovoids and layers of erosion surfaces. The CIA parameter is calculated from the molecular amounts of oxides. Taking into account increasing this parameter from the bottom up the section, cold colors (green and blue) are used for rocks of the interval 3 of the middle part of the package and warm and hot colors (yellow, orange and red) – for the overlying intervals 4 and 5. LOI – loss of ignition.

В породах интервала 3 вновь наблюдается относительное повышение значений СІА (59.3–66.1) при повышенных ППП (5.0–7.6 мас. %). Отношение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO в породах увеличивается от подошвы к кровле интервала (от 4.5 до 9.7) с относительным снижением отношения CaO/Na<sub>2</sub>O (от 0.62 до 0.41).

Породы интервала 4 характеризуются максимальными значениями СІА в кровле (до 73.9) при минимальном значении в подошве (64.2). Подобным образом от подошвы к кровле возрастает ППП (от 6.3 до 11.2 мас. %). При этом SiO<sub>2</sub> снижается (от 62.3 до 55.3 мас. %), а отношения CaO/Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O возрастают (соответственно, от 0.51 до 1.27 и от 1.21 до 2.56). Одновременное возрастание двух последних отношений связано со снижением концентрации Na<sub>2</sub>O (от 2.48 до 1.01 мас. %). Для пород трех нижних интервалов такое снижение роли оксида натрия не характерно.

Породы интервала 5 в литогеохимическом отношении подобны породам интервала 4. Они дают широкие диапазоны значений СІА (60.9–71.9), SiO<sub>2</sub> (55.3–63.6 мас. %) ППП (5.5–10.8 мас. %), CaO/Na<sub>2</sub>O (0.59–1.27) и K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O (1.17–2.31 мас. %).

На диаграммах рис. 7 показаны также данные по содержаниям и соотношениям петрогенных оксидов в овоидах серых глин, одна из которых (обр. 28) находится в основании пачки 3. Литогеохимические показатели этих глин сопоставляются с экстремальными параметрами пород интервалов 4 и 5 горизонтально-слоистой пачки.

Породы пачки 3 резко отличаются от пород других пачек разреза Косая Степь-3 пониженным содержанием SiO<sub>2</sub>, снижением отношения K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O при снижении SiO<sub>2</sub>, повышенными значениями  $\Gamma M = (Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3+FeO+MnO)/SiO_2$  и пониженными – HKM = (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (рис. 8). Резкое различие связано с существенной ролью в пачке 3 глинистого материала, образовавшегося в полузастойном озерном водоеме, и с промытостью от глин речных отложений.



**Рис. 8**. Сопоставление пород пачки 3 с породами других пачек разреза Косая Степь-3 на диаграммах K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O – SiO<sub>2</sub> (*a*) и ГМ – НКМ (*б*). На диаграмме *б*: ГМ = (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiO<sub>2</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO+MnO)/SiO<sub>2</sub> – гидролизатный модуль, НКМ = (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – щелочной модуль. Оба модуля рассматриваются как показатели палеоклимата (Юдович, Кетрис, 2000).

**Fig. 8**. Comparison of rocks from package 3 with those from other packages of the Kosaya Step'-3 section on diagrams  $K_2O/Na_2O - SiO_2(a)$  and GM - NKM(b). In diagram b:  $GM = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO+MnO)/SiO_2$  – hydrolysate module, HKM =  $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$  – alkaline module. Both modules are considered as indicators of paleoclimate (Yudovich, Ketris, 2000).



**Рис. 9.** Редкоземельные спектры осадочных пород, нормированные к хондриту. Для нормирования использован состав хондрита (McDonough, Sun, 1995).

Fig. 9. Rare earth elament spectra of sedimentary rocks standardized to chondrite. The composition of chondrite is used after (McDonough and Sun, 1995).

Распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) в отложениях разреза (рис. 9), характеризуется широким диапазоном субпараллельных спектров, нормированных к хондриту. Спектры РЗЭ пород аллювиальных пачек 1, 4 и 5 и основная часть спектров РЗЭ пород пачки 2 расположены в нижней части поля спектров РЗЭ всего разреза. Два образца из аллювиальной пачки 2 отличаются повышенными содержаниями РЗЭ. Отложения этих пачек имеют наиболее низкие и слабо варьирующие суммарные содержания РЗЭ от 45 до 102 мкг/г (в среднем 65 мкг/г). Спектры характеризуются высокой степенью фракционирования (La/Yb=12.1–27.6), в целом для песчаного наполнителя галечников пачки 5 немного ниже, чем для других пород. Европиевая аномалия слабая (в основном положительная) или отсутствует (Eu/Eu \* =  $Eu_n/\sqrt{Sm_n \times Gd_n}$  (Taylor, McLennan, 1985) от 0.77 до 1.39).

Серые глины овоида, валика и слоя имеют высокие концентрации РЗЭ (Σ РЗЭ от 254 до 277 мкг/г, в среднем 267 мкг/г) при сравнительно невысоком отношении легких лантаноидов к тяжелым (La/Yb=13.2–17.4) и характеризуются максимальной отрицательной европиевой аномалией (Eu/Eu\* = 0.74–0.79).

Отложения интервалов 2–5 пачки 3 имеют высокие содержания РЗЭ ( $\Sigma$  РЗЭ от 131 до 292 мкг/г, в среднем 203 мкг/г), что в основном связано с присутствием глинистых минералов. По соотношениям легких и тяжелых лантаноидов они не отличаются от аллювиальных пачек (La/Yb=11.3–27.7), но характеризуются отрицательной европиевой аномалией (Eu/Eu\* = 0.76–0.95). Для отложений интервала 1 пачки 3 содержания РЗЭ и значения европиевой аномалии попадают в интервал значений для пород вышележащей части этой пачки (Σ РЗЭ от 194 до 212 г/т, в среднем 204 мкг/г, La/Yb=13.2-17.4, Eu/Eu\*~0.8).

Содержания РЗЭ в песках пачки 4 близки к средним значениям для пород всей толщи, Eu-аномалия слабая или отсутствует ( $\Sigma$  РЗЭ от 64 до 151 мкг/г, в среднем 101 мкг/г, La/Yb=15.5–30.0, Eu/Eu\* = 0.95–1.18).

Для пачки 3 характерна отрицательная Euаномалия. Полевые шпаты сохраняются в терригенных породах аллювиальной фации, но замещены вторичными (глинистыми) минералами в материале озерной фации. В породах нижних интервалов пачки 3 проточного озера определены широкие вариации отношения La/Yb (10-28) и ограниченный диапазон CIA (60-66). С углублением отрицательной европиевой аномалии CIA не меняется. В породах верхних интервалов пачки 3 отношения La/Yb сужаются до интервала 17-21. С углублением отрицательной европиевой аномалии значения CIA возрастают от 61 до 74. Окончанию тренда соответствует фигуративное поле серых глин (рис. 10).



**Рис. 10**. Сопоставление пород озерной фации пачки 3 с породами аллювиальной фации других пачек разреза Косая Степь-3 на диаграммах La/Yb – Eu/Eu\* (*a*) и CIA – Eu/Eu\* (*б*). Отрицательная европиевая аномалия связывается с разрушением полевых шпатов при развитии глинистых минералов. Условные обозн. см. рис. 8.

**Fig. 10**. Comparison of rocks from lacustrine facies of package 3 with those from alluvial facies of other packages in the Kosaya Step'-3 section on the diagrams La/Yb – Eu/Eu\* (*a*) and CIA – Eu/Eu\* ( $\delta$ ). Negative europium anomaly is associated with the destruction of feldspar during the development of clay minerals. Symbols are as in Fig. 8.

Отрицательная Еи-аномалия в горизонтально-слоистой пачке 3, по-видимому, отражает вторичное изменение плагиоклаза магматических и/или метаморфических пород с образованием глинистых частиц, концентрирующихся в озерном осадке. Принимая значения СІА в качестве показателя палеоклиматических условий вторичных преобразований осадочного материала, мы интерпретируем низкие значения CIA как свидетельство изменения плагиоклаза в начале накопления озерной линзы в прохладных палеоклиматических условиях, а возрастание значений CIA – как показатель изменения плагиоклаза к концу накопления озерной линзы в условиях более теплого и влажного палеоклимата.

### Состав спор и пыльцы

Отсутствие глинистых частиц в промытом песке манзурского аллювия делает проблематичным захоронение в нем спор и пыльцы. Высокая проницаемость песка создает условия для пост-седиментационной миграции пыльцевых зерен в циркулирующих водах с искажением первичных палинологических характеристик осадочного материала. По этой причине для палинологических определений песчаный материал аллювиальных пачек 1, 2, 4 и 5 не использовался. Из горизонтально-слоистой пачки 3 получено 9 палинологических спектров (рис. 11).



**Рис. 11.** Диаграмма палиноспектров из отложений пачки 3. 1 – колонка пачки 3; 2 – проба палинологического анализа.

**Fig. 11.** Diagram of palinological spectra from sediments of package 3. 1 - column of package 3; 2 - sample of palynological analysis.

# <u>Интервал 1</u>

Проба 57 – 178 зерен. Наиболее значимые доминанты: Ulmus - Tsuga - Picea - Pinus s/g Haploxylon + P. s/g Diploxylon.

В общем составе спектра содержится: хвойных 77 %, лиственных 20 %, травянистых 3 %. Пыльца хвойных представлена *Pinus sylvestris* 24 %, *P. s/g Diploxylon* 2 %, *P. s/g Haploxylon* 9 %, *P. sect. Cembra* 4 %, *Picea obovata* 15 %, *P. sp.*10 %, *P. sect. Eupicea* 4 %, *Tsuga sp.*(*1,2,3*) 6 %, *Larix sp.* 3 %, *Abies sp.* 1 %. К пыльце лиственных пород относятся *Ulmus sp.*7 %, *Corylus sp., Betula sp.* – по 3 %, *Juglandaceae, Myrica sp., Сагуа sp.* – по 2 %, *Juniperus sp.* 1 %, к травянистым – Ericaceae, *Artemisia sp.*, Asteraceae.

## Интервал 2

Проба 60 (общая проба слоев 59А–62А) – 316 зерен. Соотношения лесообразователей не меняется: Ulmus – Tsuga – Picea – Pinus s/g Haploxylon + Pinus s/g Diploxylon.

Уменьшается число пыльцы хвойных (65 %) с возрастанием лиственных (24 %) и травянистых (10 %). По-прежнему ведущее положение занимают сосны: Pinus sylvestris 14 %, P. s/g Diploxylon 5 %, P. s/g Haploxylon 8 %, *P. sect. Cembra* 2 %, *P. sp.* 3 %, затем *Picea* sect. Eupicea 14 %, P. obovata 4 %, P. sp. 9 %, *Tsuga sp.*(1,2,3) 4 % и в небольшом числе: Picea sect. Omorica, Abies sp., Larix sp. – по 1 %. Пыльца лиственных пород представлена: Ulmus sp. 10 %, Carya sp. 4 %, Betula sp. 3 %, Juglandaceae, Corylus sp. – по 2 %, Myrica sp., *Tilia sp.* – по 1 % и малочисленными (2 %) Acer sp., Carpinus sp., Castanea sp., Juniperus *sp*. К травянистой части спектра относятся Chenopodiaceae, Rosaceae, Ericaceae, Asteraceae, Geranium sp., Artemisia sp., Сурегасеае, Sparganium sp. и споры \_ Polypodiaceae, Sphagnum sp. Особенностью спектра является повышение числа пыльцы травянистых растений более влажных мест обитаний. Кроме того, встречены, возможно, юрские Piceapollenites sp., Podocarpus sp., a также Cyathea sp.? из миоценовой флоры.

Проба 63А – 322 зерна. В целом доминанты остаются прежними, но наблюдается больше участие карии: *Carya* + *Ulmus* – *Tsuga* – *Picea* – *Pinus s/g Haploxylon*+*P. s/g Diploxylon*.

Содержание основных групп пыльцы мало меняется: хвойные 61 %, лиственные 30 %, травы и споры 9 %. Среди хвойных деревьев преобладают сосны: Pinus s/g Diploxylon 16 %, P. sylvestris 7 %, P. s/g Haploxylon 7 %, P. sect. Cembra 2 %, P. sp. 1 %. Сопутствующие: Tsuga sp. 10 %, Picea sp. 9 %, P. sect. Eupicea 5%, P. obovata 2%, P. sect. Omorica, Abies sp., Larix sp. – по 1 %. Из лиственных пород определены: Ulmus sp. 9%, Carya sp. 6%, Betula sp. 4%, Tilia sp., Alnus sp., Corylus sp. – по 2 %, Juglandaceae 1 %, Myrica sp. <1 %; Acer sp., Carpinus sp., Quercus sp., Castanea sp., Salix *sp.* – по 3 %. Пыльца трав соответствует Ericaceae, Chenopodiaceae, Poaceae, Sparganium sp., Сурегасеае, споры – Cyathea sp.?, Osmunda sp., Polypodiaceae, Sphagnum sp. Найдены Piceapollenites sp. и меловая форма - Pilosisporites sp.

Проба 68А – 288 зерен. Здесь ели являются субдоминантами с соснами: *Carya* + *Ulmus* – *Tsuga* – *Picea*+*Pinus* s/g Haploxylon+P. s/g Diploxylon.

Соотношение между группами подобны предыдущим спектрам: хвойные 62 %, лиственные 32 %, травы и споры 7 %. Здесь наблюдается примерно равное положение сосен (30 %) и елей (27 %): Pinus s/g Diploxylon 12 %, P. sylvestris 5 %, P. s/g Haploxylon 11 %, P. sect. Cembra 1 %, P. sp. 1 %; Picea sp. 16 %, *P. sect. Eupicea* 9%, *P. obovata* 2%. Число Tsuga sp. сокращается до 4 %. Пыльца лиственных принадлежит Ulmus sp. 9 %, Carya sp. 7 %, Betula sp. 4 %, Tilia sp. 3 %, Juglandaceae, Corylus sp. – по 2 %, Myrica sp., Quercus sp., Salix sp. - по 1 %. Из пыльцы травянистых растений встречены Ericaceae, Chenopodiaceae, Artemisia sp., Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, из спор – Cyathea sp?, Polypodiaceae, Riccia sp., Osmunda sp., Sphagnum sp. Присутствует пыльца юрских таксонов Piceapollenites sp., Podocarpus sp.

#### Интервал 3

Проба 74 – 365 зерен. Среди доминантов увеличивается роль лиственных пород: *Betula – Carya – Tsuga – Ulmus – Picea – Pinus s/g Haploxylon+P. s/g Diploxylon*.

В общем составе спектра значительно меньше хвойных – 49 %, соответственно больше лиственных – 44 %. Пыльцы трав и спор, по-прежнему, мало (7 %). Вновь преобладает пыльца сосен (27 %): *Pinus s/g* Diploxylon 9 %, P. s/g Haploxylon 8 %, P. sylvestris 5 %, P. sp. 3 %, P. sect. Cembra 2 %. Mx сопровождают ели (13 %): *Picea sp.* 7 %, *P*. sect. Eupicea 3 %, P. obovata 3 %, Larix sp. 1 %, P. sect. Omorica <1 %, Tsuga sp. 8 %. Чаще встречающаяся пыльца лиственных пород: Ulmus sp. 18%, Carya sp. 7%, Betula sp. 5%, Tilia sp. 4 %, Juglandaceae 3 %, Alnus sp. 2 %, Corylus sp. 2%, Myrica sp. 1%, Salix sp. 1%. Травянистую часть спектра составляют: Ericaceae, Chenopodiaceae, Artemisia sp., Asteraceae, Rosaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cyathea sp., Osmunda sp., Polypodiaceae, Ric*cia sp., Sphagnum sp.* Определяются юрские миоспоры Piceapollenites sp., Podocarpus sp., меловая – *Pilosisporites sp.* 

Проба 75 – 332 зерна. Наблюдается максимум елей: *Carya* + *Ulmus* – *Tsuga* – *Pinus s/g Haploxylon* + *P. s/g Diploxylon* – *Picea*.

Сумма пыльцы хвойных значительно выросла (до 73 %), сумма пыльцы лиственных сократилась до 23 %, пыльцы и спор трав – до 4 %. Среди хвойных пород стало больше елей (32 %) – *Picea sp.* 18 %, *P. sect. Eupicea* 7 %, P. obovata 6 %, P. sect. Omorica <1 % и Tsuga *sp*. 11 %. Сосны (29 %) уступают им: *Pinus s/g* Diploxylon 10 %, P. s/g Haploxylon 8 %, P. sylvestris 7 %, P. sp. 3 %, P. sect. Cembra 1 %. OTмечена пыльца Abies sp. (2%). Пыльца лиственных пород представлена: Ulmus sp. 6%, Carya sp. 5%, Betula sp. 3%, Alnus sp. 2%, Corylus sp. 2 %, Juglandaceae, Myrica sp., Tilia sp., Carpinus sp., Salix sp. – по 1 %; трав – Ericaceae, Chenopodiaceae, Artemisia sp., Geranium sp., Rosaceae, Poaceae, Cyperaceae, спор - Polypodiaceae, Lycopodiaceae. Здесь также имеется юрская пыльца Piceapollenites sp., Podocarpus sp.

#### Интервал 4

Проба 84 – 344 зерна. Значительно расширилось участие лиственных деревьев: *Betula* 

– Juglandaceae+Carya+Tilia+Ulmus – Tsuga+Picea – Pinus s/g Haploxylon+P. s/g Diploxylon.

Роль пыльцы хвойных уменьшилась до 53 %, соответственно лиственных увеличилась до 38 %, трав и спор по-прежнему мало – 8 %. Вновь доминируют сосны (34 %): *Pinus s/g Haploxylon* 10 %, *P. s/g Diploxylon* 10 %, *P. sylvestris* 8 %, *P. sect. Cembra* 6 %, им сопутствуют *Tsuga sp.* 7 %, *Picea obovata* 4 %, *P. sp.*  3 %, *P. sect. Eupicea* 2 %, *P. sect. Omorica, Abies sp., Larix sp.* по 1 %. Пыльца лиственных пород относится к Ulmus sp. 10 %, Betula sp. 6 %, Juglandaceae 4 %, Tilia sp. 4 %, Corylus sp. 3 %, Myrica sp., Acer sp., Carpinus sp., Alnus sp., Juniperus sp., Salix sp. по 1 %; пыльца трав – к Ephedra sp., Ericaceae, Onograceae, Chenopodiaceae, Rosaceae, Caryophyllaceae, Sparganium sp., Сурегасеае, споры – к Cyathea sp., Polypodiaceae и Riccia sp.

Проба 89 - 459 зерен. В составе доминантов меньше лиственных деревьев: *Bet*ula+Carya+Ulmus - Tsuga - Picea - Pinus s/g*Haploxylon+P. s/g Diploxylon*.

В общем составе спектра содержится 66 % хвойных, 24 % лиственных и 11 % трав и спор. Пыльца сосен составляет 36 % среди хвойных пород – *Pinus s/g Diploxylon* 13 %, *P*. s/g Haploxylon 9 %, P. sylvestris 9 %, P. sect. *Cembra* 3 %, *P. sp.* 2 %, елей 18 % – *Picea sp.* 7%, P. sect. Eupicea 5%, P. obovata 5%, P. sect. Omorica 1 %. К ним примешиваются Tsuga sp. 10 % и Abies sp. 1 %. Группу лиственных образуют Ulmus sp. 7 %, Carya sp. 4 %, Betula sp. 4%, Juglandaceae 3%, Tilia sp. 3 %, Myrica sp., Alnus sp., Corylus sp. по 1%, единично – Acer sp., Carpinus sp., Castanea *sp.*, *Salix sp.* Травянистая часть представлена Ephedra sp., Ericaceae, Chenopodiaceae, Geranium sp., Rosaceae, Rumex sp., Cyperaceae; споровая – Polypodiaceae и *Riccia sp.* Отмечена юрская пыльца *Piceapollenites sp.* 

Интервал 5

Проба 95 – 455 зерен.

В целом, спектр подобен предыдущему: хвойных 70 %, лиственных 27 %, трав и спор 3 %. Число пыльцы сосен достигает 40 %: *Pinus s/g Diploxylon* 18 %, *P. sylvestris* 11 %, *P. s/g Haploxylon* 9 %, *P. sect. Cembra* 2 %, елей 19 %: *Picea obovata* 8 %, *P. sp.* 7 %, *P. sect. Eupicea* 3 %, *P. sect. Omorica* 1 %. Также присутствуют: *Tsuga sp.* 10 %, *Abies sp.* 1 %. Пыльца лиственных пород принадлежит *Ulmus sp.* 9 %, *Carya sp.* 5 %, *Betula sp.* 5 %, *Juglandaceae, Tilia sp., Alnus sp.* по 2 %, *Myrica sp.* 1 % и единично (всего 2 %) – *Carpinus sp., Castanea sp., Corylus sp., Salix sp.*; травы – Егicaceae, Rosaceae, Poaceae, *Sparganium sp.*, споры – *Cyathea sp.* и Polypodiaceae.

Пробы 27 и 26 серых глин имеют в целом состав палинологических спектров, подобный составу спектров из отложений пачки 3.

Проба 27 (глинистый валик) – 463 зерна – насыщена миоспорами. Содержание пыльцы хвойных пород достигает 82 %, лиственных – 17%, травянистых – 1%. Доминируют сосны: Pinus sylvestris 32 %, P. sect. Cembra 3 %, P. s/g Haploxylon 2 %. Доля елей составляет – Picea obovata 22 %, P. sect. Omorica 1 %, другие хвойные – *Tsuga sp.* (1,2,3) 13 %, Abies sp., Larix sp. по 4 %. Группу пыльцы лиственных пород образуют Ulmus sp. 8%, Juglandaceae 3 %, Betula sp. 4 %, Tilia sp. 2 %, менее 1 % – Myrica sp., Alnus sp., Corylus sp. травянистых Содержание единично: Chenopodiaceae, Ericaceae, Cyperaceae, Botrychium sp. Отмечается присутствие зкзотической ели, несколько форм тсуги и широколиственных пород. Спектр близок по составу спектру пробы 57.

Проба 26 (слой на поверхности размыва) – 238 зерен, из них 50 % составляет пыльца хвойных и 46 % лиственных пород, 5 % травы и споры. Среди пыльцы хвойных преобладают Pinus s/g Diploxylon 16%, P. sylvestris 5 % и P. s/g Haploxylon 10 %, P. sect. *Cembra* 4 %, им сопутствуют *Picea sp.* 6 %, *P*. sect. Eupicea 2 %, Larix sp. 1 %, Juniperus sp. Кроме них, отмечены *Tsuga sp.(1,2,3)* 4 % и Picea sect. Omorica <1 %. В составе лиственных пород больше пыльцы Ulmus sp. 20 %, в сопровождении Juglandaceae, Alnus sp., Corylus sp. по 4 %, Carya sp., Tilia sp. по 3 %, Муrica sp. 1 % и другие (всего 7 %): Acer sp., Carpinus sp., Quercus sp., Castanea sp., Salix sp. Малочисленная пыльца травянистых растений принадлежит Ericaceae, Chenopodiaceae, Poaceae, Sparganium sp., Cyperaceae; споры – Polypodiaceae.

В этом спектре хвойные и лиственные породы принимают примерно равное участие. К группе хвойных пород относятся светлохвойные сосны (*Pinus s/g Diploxylon, P. sylvestris*), лиственница, можжевельник и темнохвойные – кедровидные сосны, ели, с примесью тсуги (3 морфологических формы) и ели из секции *Omorica*. Наблюдается разнообразие пыльцы листопадных широколиственных деревьев (вяз, ореховые, кария, мирика, граб, каштан, дуб, клен, липа, лещина). К ним примешиваются мелколиственные (ольха, ива).

# Обсуждение результатов

В палеодолине Пра-Манзурки накапливался констративный аллювий в плиоцене и раннем плейстоцене (по международной стратиграфической шкале 2020 г.) или в плиоцене-эоплейстоцене (по шкале ГИН РАН), до начала среднего плейстоцена (неоплейстоцена). На бугульдейском отрезке палеодолины сохранился фрагмент отложений, которые рассматриваются как наиболее ранние отложения палеодолины. Находок остатков мелких млекопитающих здесь не известно. Палеомагнитных исследований не проводилось. Возраст оценивается по палинологическим данным и литогеохимическим характеристикам.

# Ограничение приложения результатов палеопотамологического анализа

В оформлении полученных прежде результатов оценки характера палеодинамики водных потоков, обусловивших отложение манзурского аллювия (Трофимов, 1990), были допущены технические ошибки. На рисунке распространения манзурской толщи обозначались опробованные участки от р. Лены до р. Голоустной. Количество выбранных участков (5) не совпало с количеством пунктов наблюдений (6), по которым в табличной форме давались результаты расчета гидродинамических характеристик. Отсутствие указания на порядок нумерации пунктов наблюдений (от Лены к Голоустной или наоборот) делает невозможным конкретное сопоставление предшествующих результатов палеопотамологического анализа (Трофимов, 1990) с данными, полученными нами по отложениям разреза Косая Степь-3.

Новые полученные данные по осадочным отложениям пачек изученного разреза свидетельствуют об их типичном аллювиальном генезисе. В начале накопления горизонтально-слоистой пачки 3 обломочный материал по гранулометрическому составу не соответствовал озерному осадку. Для отложеопределен высокий коэффициент ний вариаций (v) в поле значений отложений неаллювиального генезиса (см. рис. 5б). Но в дальнейшем поддерживался в целом однообразный гидродинамический режим проточного палеоозера. О его проточном характере,

кроме неровностей границ слоев, межслоевых и внутрислоевых текстур течения, свидетельствует отсутствие захороненных диатомовых водорослей. Если Пра-Манзурка выте-Палео-Байкала. лиатомовые ИЗ кала водоросли могли выноситься озерной водой и при благоприятных условиях замедления течения отложиться на дне проточного водоема. Ископаемые диатомеи отсутствуют в отложениях пачки 3 либо из-за их транзита во взвешенном состоянии, как это обычно имеет место в авандельте озера (Хассан и др., 2020), либо из-за отсутствия соединения Пра-Манзурки с застойной частью Палео-Байкала, содержащей популяции диатомей. При накоплении пачки 3 переход к застойному режиму, тем не менее, был достаточным для отложения слоев, обогащенных глинистыми частицами с концентрацией спор и пыльцы.

# Особенности палинофлоры пачки 3

Если исходить из предположения о накоплении толщ в трех ее местонахождениях бугульдейского горизонта (разрезы Бильчетуй и Турунга, пачки 3 разреза Косая Степь-3) приблизительно в одно время (в раннем-среднем плиоцене, по оценке (Трофимов и др., 1995)), палинофлора отложений из разрезов должна быть одинаковой. Для выяснения степени сходства и различий палинофлоры мы провели сравнительный анализ палинологических спектров, допуская их вариации вследствие фациальных различий осадконакопления.

Бугульдейский горизонт в целом характеризуется доминантами вяза, елей и сосен в спектрах проб 57 и 60 (интервалы 1 и 2 пачки 3). В качестве доминанты в спектрах вышележащих проб присутствует род ореховых (*Carya*). В интервале 3 (проба 74) в доминирующих таксонах появляется береза (*Betula*), в основании интервала 4 (проба 84) проявляется возрастание роли семейства ореховых (Juglandaceae) со значительным участием лиственных деревьев, хотя в вышележащих пробах интервалов 4 и 5 роль последних несколько снижается. Роль лиственных пород велика (46 %) в пробе 26 слоя серой глины, синхронного с пачкой 3.

В отложениях пачки 3 не определено 4 рода, обозначенные в двух других

местонахождениях палинофлоры бугульдейского горизонта (Alnaster, Pterocarya sp. (1,2), Fraxinus и Sambucus) и 7 таксонов, определенных только в грубообломочных отложениях местонахождения Турунга (Тахасеае, Ostrya, Euoaumys, Diervilla, Lonicera sp. (1,2), Ilex, Rhododendron). В то же время, в отложениях разрезов Бильчетуй и Турунга не были обнаружены многочисленные таксоны, распространенные в значительных количествах и почти во всех интервалах отложений пачки 3 разреза Косая Степь-З (Pinus sylvestris, P. sect. Cembra, Picea obovata, P. sp., P. sect. Omorica, Carya sp., Quercus sp., Castanea sp., Juniperus sp., травянистой части спектра – Chenopodiaceae, Poaceae, Rosaceae, Ericaceae, Geranium sp., Artemisia sp., Asteraceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Sparganium sp., Ephedra sp., Onograceae, Rumex sp., Botrychium sp., споры – Osmunda sp., Polypodiaceae, Sphagnum sp., Riccia sp.).

Результаты факторного анализа палинологических спектров показывают основное отличие (фактор 1) между палинологическими спектрами литогеохимических интервалов 2-3 и валика серой глины их основания галечниковой пачки (проба 27). Спектры пробы 57 из интервала 1, глины из слоя поверхности размыва (проба 26) и интервалов 4-5 занимают промежуточное положение в изменчивости фактора 1. По фактору 2 соблюдается стратиграфический порядок интервалов 1 (проба 57), 2-3 (серия проб 60-75) и 4-5 (серия проб 84-95) (рис. 12). Таксоны, встреченные в отложениях разреза Косая Степь-3, но не отмеченные в грубообломочных отложениях прежде изученных разрезов Бильчетуй и Турунга (выделены красным шрифтом на диаграмме б) вносят разнообразный вклад в изменчивость факторов 1 и 2, что свидетельствует об отсутствии в идентификации этих таксонов стратиграфического смысла.

Учитывая выявленное различие между спектрами трех разрезов, мы рассматриваем полученные палинологические данные для озерных отложений пачки 3 как более представительные, чем спектры грубообломочных аллювиальных отложений прежде изученных разрезов бугульдейского горизонта. Все спектры, тем не менее, явно отражают существование растительности лесного типа.



**Рис. 12**. Диаграммы факторов проб (*a*) и элементов ( $\delta$ ) палинологических спектров из отложений пачки 3 в сопоставлении со спектрами серых глин. Вес фактора 1 – 20.0 %, вес фактора 2 – 17.7 %. На диаграмме *a* холодными (зеленый и голубой) и горячим (красный) цветами обозначены интервалы с возрастающими значениями литогеохимического показателя СІА (переход от положительных к отрицательным значениям фактора 2). На диаграмме  $\delta$  красным шрифтом выделены таксоны, встреченные в отложениях разреза Косая Степь-3, но не отмеченные в грубообломочных отложениях прежде изученных разрезов Бильчетуй и Турунга (объяснения в тексте).

**Fig. 12.** Factor diagrams of samples (*a*) and elements ( $\delta$ ) of palynological spectra from sediments of package 3 in comparison with those of gray clays. The weight of factor 1 is 20.0 %, the weight of factor 2 is 17.7 %. In diagram *a*, the cold (green and blue) and hot (red) colors indicate intervals with increasing values of the lithogeochemical indicator CIA (transition from positive to negative values of factor 2). Diagram  $\delta$  shows in red the taxa found in sediments of the Kosaya Step'-3 section, but not marked in coarse-grained sediments of the previously studied Bilchetui and Turunga sections (explanations in the text).

Лесные формации территории были представлены хвойными лесами с участием термофильных широколиственных пород. В составе темнохвойных лесов, наряду с кедровидными соснами (*Pinus s/g Haploxylon, Pinus* sect. *Cembra*), елями (*Picea sp., P. sect. Eupicea, Picea obovata*), постоянно присутствует *Tsuga* (три морфотипа), реже Abies, эпизодически Picea sect. Omorica. Наиболее многочисленны светлохвойные сосновые (Pinus s/g Diploxylon, P. sylvestris) леса с примесью Larix. Среди теплоумеренных листона фоне небольшого числа падных форм Juglandaceae, Myrica, Carva, Carpinus, Castanea, Quercus, Tilia, Acer, Alnus, Corylus выделяется Ulmus (до 20%). Участие мелколиственных пород Betula, Salix незначительно. Для всех спектров отмечается

малочисленность трав и спор (в отдельных пробах до 11 %).

В пачке 3 нижним трем интервалам (пробы 57, 60, 63А, 68А, 74, 75) свойственны колебания в содержании компонентов спектров, сопровождающих доминанты. Особенно это касается лиственных деревьев. Здесь субдомипостоянно являются ели, нантами присутствует, помимо тсуги, пихта и широколиственные породы. Существовать такая растительность могла в умеренно-теплых и влажных климатических условиях. В верхних двух интервалах (пробы 84, 89, 95) происходит частичное замещение более влаголюбивых елей соснами (Pinus s/g Diploxylon, P. sylvestris), которые менее требовательны к количеству влаги.

Отметим также почти постоянное присутствие примеси юрских таксонов *Piceapollenites sp.*, *Podocarpus sp.*, меловой формы *Pilosisporites sp.*, а также миоценовой *Cyathea sp.*?, что, наряду с гальками эффузивных пород из юрских отложений, свидетельствует о формировании осадков пачки 3 (а, следовательно, и других пачек разреза) за счет размыва более древних осадочных отложений.

# Литогеохимические корреляции

По результатам бурения 1990-х годов донные отложения Байкала не ассоциируются с глубоководными морскими отложениями. Керн скважин содержит информацию о перемежающихся алевритово-пелитовых слоях, местами с растительным детритом, с переходами к пескам, гравелитам и галечникам (Antipin et al., 2001; Кашик, Ломоносова, 2006; Иванов, 2018). Отложения в целом подобны породам, вскрытым 12-метровыми трубками в 1970-х годах (Голдырев и др., 1975; Мац и др., 1975).

В наиболее глубокой (600-метровой) скважине BDP-98 для пород нижней (миоценплиоценовой) части разреза были определены значения CIA в интервале 85–90 с относительным снижением этого показателя около 3.6 млн лет назад (глубина керна 200– 250 м), начиная, приблизительно, с 3 млн лет назад (глубина керна около 150 м), с выходом на прежние значения и дальнейшее снижение до 72. В более поздней работе (Иванов, 2018) детально исследовался керн пород этой же скважины последних 4 млн лет. Делался акцент на понижение CIA от интервала 76–80 к интервалу 70–74 на временном отрезке 3.3– 2.3 млн лет назад. Это понижение совпало с эпизодом похолодания 2.82–2.48 млн лет назад на рубеже хрон Гаусс и Матуяма (Карабанов и др., 2000).

Интервал CIA=69-74, обозначенный в разрезе Косая Степь-3 серыми глинами, соответствует интервалу снизившихся значений этого параметра в керне скважины BDP-98. Такими же значениями CIA характеризуются отложения интервалов 4 и 5 пачки 3 разреза Косая Степь-З (рис. 13). Между тем, материал нижней части пачки 3 имеет меньшие значения этого параметра и, следовательно, соответствует меньшей степени изменения. Следуя логике зависимости СІА от палеоклиматических условий осадконакопления (Кашик, Ломоносова, 2006; Иванов, 2018), нужно допускать накопление осадков в условиях похолодания, произошедшего на общем фоне теплой палеоклиматической обстановки раннего плиоцена. По корреляциям с фаунистически-охарактеризованными разрезами Монголии для бугульдейского горизонта ранее был принят возраст не моложе 4 млн лет (Трофимов и др., 1995).

Придавая палеоклиматическое значение отложениям озерной пачки 3, мы отмечаем термофильный характер палинофлоры из отложений всего ее сечения, хотя литогеохимические показатели нижней части этой пачки соответствуют осадконакоплению в прохладных климатических условиях, литогеохимические показатели ее верхней части – осадконакоплению в более теплых условиях. В ее верхней части, кроме повышения CIA, повышены значения гидролизатного модуля (ГМ) и отношений СаО/Na2O, К2O/Na2O, понижены значения щелочного модуля (НКМ). Наблюдается увеличение диапазонов изменений этих параметров. Меняются и другие литогеохимические показатели, рассмотрение которых выходит за рамки настоящей статьи.



**Рис. 13.** Изменение химического индекса выветривания (CIA) в разрезах: a – скважины BDP-98 донных отложений Академического хребта (Кашик, Ломоносова, 2006);  $\delta$  – верхней части этой же скважины (Иванов, 2018) и e – пачки 3 разреза Косая Степь-3 (рис. 7 настоящей работы). Серая горизонтальная полоса на диаграмме  $\delta$  обозначает эпизод похолодания 2.82–2.48 млн лет назад (Карабанов и др., 2000). Вертикальная розовая полоса ограничивает интервал CIA = 69–74, характерный для отложений квартера в скв. BDP-98, проявленный также в серых глинах и озерных отложениях верхней части пачки 3. СIA рассчитывался по молекулярным количествам. Некоторое завышение значений CIA на диаграмме a может быть связано с расчетом этого показателя, выполненным в работе (Кашик, Ломоносова, 2006) по массовым долям петрогенных оксидов.

**Fig. 13.** Change in the chemical weathering index (CIA) in sections: a – well BDP-98 bottom sediments of the Academic Ridge (Kashik, Lomonosova, 2006); b – the upper part of the same well (Ivanov, 2018) and c –

package 3 of the Kosaya Step'-3 section (Fig. 7 of this work). The gray horizontal stripe in diagram  $\delta$  indicates an episode of cooling 2.82–2.48 Ma (Karabanov et al., 2000). The vertical pink band limits the interval CIA = 69–74 that is characteristic of Quarternary sediments in well BDP-98, also found in gray clays and lacustrine sediments of the upper part of package 3. The CIA was calculated from molecular quantities. Some overestimation of CIA values in the diagram may be due to calculation of this indicator performed in (Kashik and Lomonosova, 2006) from mass fractions of major oxides.

Примечательно, что отложения всего разреза Косая Степь-З характеризуются высокой степенью окисленности железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO>5). Такая окисленность характерна для отложений аносовской свиты впадин байкальского типа. В отложениях танхойской свиты Баргузинской и Тункинской долин значения отношения Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO обычно ниже и не превышают 3 (Рассказов и др., 2016; Хассан и др., 2020).

# Заключение

Манзурский аллювий – полихронное отложение песка и галечника, редко содержащего более тонкообломочный алевритовый и глинистый материал. Такой аллювий, накопившийся в палеодолине Пра-Манзурки, не несет литогеохимической информации о палеоклимате. Информация о палеоклимате была получена по линзе осадочного материала, отлагавшегося в проточном озере на поверхности размыва между пачками желтых манзурских песков наиболее раннего (бугульдейского) горизонта палеодолины.

Мы провели палинологические и литогеохимические исследования тонкозернистого алевритового и глинистого материала. В слоях разных уровней озерной линзы мы определили довольно единообразный состав спорово-пыльцевых спектров, соответствующих умеренно-теплым климатическим условиям со слабым изменением по разрезу, выявленным факторным анализом по суммарной изменчивости содержаний споровых и пыльцевых зерен. Более отчетливое изменение мы получили по литогеохимическим показателям слоев озерной пачки. В ее нижней части мы определили значения CIA, соответствующие слабому выветриванию осадочного материала, в верхней части – значения, соответствующие более сильному выветриванию. Значения CIA верхней части озерной линзы сопоставимы со значениями этого показателя в четвертичных донных отложениях Байкала.

В результате проведенных работ, на фоне консервативной раннеплиоценовой эволюции лесной растительности территории, мы выявили признаки вариаций тепла и холода по смене литогеохимических характеристик озерных отложений. Принимая во внимание малую мощность вскрытой озерной линзы, можно предполагать существование короткого эпизода похолодания около 4 млн лет назад. Дальнейшие работы должны показать насколько широко распространены озерные отложения нижнего плиоцена с литогеохимическими характеристиками, свидетельствующими об эпизоде похолодания в Байкальском и других регионах.

### Благодарности

Разрез Косая Степь-3 составлялся с участием В.Л. Коломийца, ушедшего из жизни в 2021 г. из-за короновируса. Гранулометрический анализ осадочных отложений проводился под его руководством в лаборатории Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ). Петрогенные оксиды определялись в ИЗК СО РАН (химики-аналитики: Г.В. Бондарева, М.М. Самойленко; Е.Г. Колтунова, Н.Ю. Царева). Для определения микроэлементов использовался прибор Agilent 7500се ЦКП «Ультрамикроанализ» ЛИН СО РАН (химики-аналитики: М.Е. Маркова, Е.В. Саранина, измерения А.П. Чебыкина). Палинологический анализ проводился в лаборатории геологии мезозоя и кайнозоя ИЗК СО РАН.

#### Литература

Адаменко О.М., Адаменко Р.С., Белова В.А., Ивановский Л.Н., Кейда Э.П., Снытко В.А. Возраст моласс Южно-Байкальской впадины и этапность необайкальской фазы рифтогенеза // Проблемы рифтогенеза (мат-лы к симпозиуму по рифтовым зонам Земли). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 1975. С.44–45.

Адаменко О.М., Адаменко Р.С., Кульчицкий А.А. Опорные разрезы и фауна мелких млекопитающих зоплейстоценовых отложений Прибайкалья // Кочковский горизонт Западной Сибири и его возрастные аналоги в смежных районах. Новосибирск: Изд-во «Наука». Сибирское отделение, 1980. С. 81–98.

Адаменко Р.С. Позднеплиоценовые мелкие млекопитающие из новых местонахождений в верховьях Лены // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1975. № 43. С. 136–145.

Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Трегуб Т.Ф., Волков М.А., Кулагина Н.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц. Временные вариации состава кайнозойских отложений на Танхойской тектонической ступени Южного Байкала // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 30. С. 108–129.

Аль Хамуд А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Трегуб Т.Ф., Рубцова М.Н., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Хассан А., Волков М.А. Опрокинутая эоцен-нижнеплиоценовая аллювиальная толща на южном берегу оз. Байкал и ее неотектоническое значение // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12, № 1. С. 139–156.

Белова В.А. Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 156 с.

Боровко Н.Г., Боровко Н.Н. О гранулометрическом анализе песков и способах обработки его данных // Вопросы литологии и палеогеографии. Труды ВСЕГЕИ, 1967. Т. 110. С. 231–242.

Гнибиденко З.Н., Адаменко О.М. Магнитобиостатиграфический разрез верхнеплиоценовых отложений Прибайкалья // Палеомагнетизм мезозоя и кайнозоя Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1976. С. 59–74.

Голдырев Г.С., Белова В.А., Выхристюк Л.А., Лазо Ф.И., Федорова В.А. Новые данные о составе и возрасте верхней части осадочной толщи котловины Байкала // Проблемы рифтогенеза (мат-лы к симпозиуму по рифтовым зонам Земли). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 1975. С.43–44.

Животовская А.И. Связь автономной циркуляции вод бассейнов с донными осадками // Очерки по физической седиментологии. Л.: Недра, 1964. С. 43–66.

Замараев С.М., Адаменко О.М., Рязанов Г.В., Кульчицкий А.А., Адаменко Р.С., Викентьева Н.М. Структура и история развития Предбайкальского предгорного прогиба // М.: Изд-во «Наука», 1976. 134 с. Иванов Е.В. Геохимические особенности донных отложений озера Байкал как показатель изменения природной среды в плиоцене –плейстоцене // Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Иркутск, 2018. 170 с.

Карабанов Е.Б., Кузьмин М.И., Вильямс Д.Ф. Глобальные похолодания Центральной Азии в позднем кайнозое согласно осадочной записи из озера Байкал // Докл. РАН. 2000. Т. 370, №. 1. С. 61–66.

Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 272 с.

Кашик С.А., Ломоносова Т.К. Кайнозойские отложения подводного Академического хребта в озере Байкал // Геология и полезные ископаемые. 2006. № 4. С. 339–353.

Коломиец В.Л. Реконструкции параметров палеопотоков по ископаемым осадкам // Вестник Бурятского университета. Серия 3: география. геология. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. 1998. Вып. 2. С. 92–100.

Кононов Е.Е. Байкал. Аспекты палеогеографической истории. Иркутск, 2005. 125 с.

Кононов Е.Е. О новых данных по проблеме Пра-Манзурского канала стока байкальских вод // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 2 (55). С. 116–128.

Кононов Е.Е., Мац В.Д. История стока озера Байкал // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1986. № 6. С. 91–98.

Кононов Е.Е., Хлыстов О.М. О возрасте глубоководного Байкала // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 4. С. 118–129.

Логачев Н.А. Саяно-Байкальское становое нагорье // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974. С. 7–163.

Логачев Н.А., Ломоносова Т.К., Климанова В.М. Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М.: Изд-во «Наука», 1964. 195 с.

Лопатин Д.В. Трансбайкальская гидросистема плейстоцена // Геоморфология. 2016. № 2. С. 113–119.

Лопатин Д.В., Томилов Б.В. Древние долины Западного Прибайкалья в связи с проблемой образования Байкала // Речные системы и мелиорация. Новосибирск, 1977. Ч.2. С. 101–103.

Лопатин Д.В., Томилов Б.В. Возраст Байкала // Вестник СПбГУ. Сер. 7, 2004, выл. 1. С. 58–67.

Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 423 с.

Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во Московского ун-та, 1986. 264 с.

Мац В.Д., Галкин В.И., Мизандронцев И.Б. Песчаная свита и возраст Байкальской впадины // Проблемы рифтогенеза (мат-лы к симпозиуму по рифтовым зонам Земли). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 1975. С.43–44.

Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М., Алакшин А.М., Поспеев А.В., Шимараев М.Н., Хлыстов О.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: Строение и геологическая история. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. 252 с.

Никифорова К.В., Александрова Л.П. Стратиграфическая шкала верхнеплиоценовых и эопллейстоценовых отложений Европейской части СССР // Граница между неогеновой и четвертичной системами в СССР. М.: Наука, 1987. С. 8–13.

Павлов С.Ф., Кашик С.А., Ломоносова Т.К., Мазилов В.М., Климанова В.М., Рыбаков В.Г. Кайнозойские коры выветривания и осадочные формации Западного Прибайкалья. Новосибирск: Изд-во «Наука». Сибирское отделение, 1976. 160 с.

Павловский Е.В., Фролова Н.В. Древние долины Лено-Ангаро-Байкальского водораздела // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1941. Т. XIX (1). С. 65–79.

Попова С.М. Эоплейстоценовые континентальные моллюски ангинской толщи Северо-Западного Прибайкалья // Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. М.: Наука, 1968. С. 252–258.

Попова С.М. Кайнозойская континентальная малакофауна юга Сибири и сопредельных территорий. М.: Наука, 1981. 186 с.

Путеводитель экскурсий А-13, С-13 (Прибайкалье) / Логачев Н.А., Адаменко О.М., Аксенов М.П., Базаров Д.Б., Белова В.А., Воробьева Г.А., Галкин В.И., Голдырев Г.С., Ендрихинский А.С., Ербаева М.А., Кононов Е.Е., Кравчинский А.Я., Кулагина Н.В., Мац В.Д., Медведев Г.И., Орлова Л.А., Осадчий С.С., Панычев В.А., Плешанов С.П., Покатилов А.Г., Попова С.М., Рассказов С.В., Ромазина А.А., Савельев Н.А., Свинин В.В., Сизиков А.М., Фирсов Л.В., Шимараева М.К. XI Конгресс ИНКВА. М.: Наука, 1981. 42 с.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Фефелов Н.Н., Саранина Е.В. Калиевая и калинатровая вулканические серии в кайнозое Азии. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО». 2012. 351 с.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Усольцева М.В., Руднева Н.А., Митькин Д.Ю., Федин А.Ю. Пирокластика как показатель поднятия Икатского хребта относительно Баргузинской впадины Байкальской рифтовой зоны // География и природные ресурсы. 2016. № 5. С. 117–127.

Сизых Ю.И. Общая схема химического анализа горных пород и минералов. Отчет. Институт земной коры СО АН СССР. Иркутск, 1985. 50 с.

Трофимов А.Г. Палеопотамологический анализ манзурской толщи Западного Прибайкалья // Геолого-геоморфологические аспекты водохозяйственных проблем Сибири. Новосибирск: Наука, 1990. С. 100–104.

Трофимов А.Г., Малаева Е.М., Куликов О.А., Попова С.М., Кулагина Н.В., Шибанова И.В., Уфимцев Г.Ф. Манзурский аллювий (материалы по геологии и палеогеографии). Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 1995. 50 с.

Хассан А., Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Титова Л.А., Кулагина Н.В., Усольцева М.В. Идентификация озерных отложений верхнего миоцена – нижнего плиоцена в суходольной Тункинской впадине Байкальской рифтовой зоны // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11, № 2. С. 261–284.

Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. М.: Недра, 1965. 259 с.

Шванов В.Н. Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.

Шейнкман В.С., Антипов А.Н., Шлюков А.И. Абсолютное датирование четвертичных комплексов: проблемы и возможные решения // Фундаментальные проблемы квартера: Итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Мат-лы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. С. 629–632.

Чеботарев А.И. Общая гидрология. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 540 с.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. С-Пб: Наука, 2000. 479 с.

Antipin V., Afonina T., Badalov O., Bezrukova E., Bukharov A., Bychinsky V., Dmitriev A.A., Dorofeeva R., Duchkov A., Esipko O., Fileva T., Gelety V., Golubev V., Goreglyad A., Gorokhov I., Gvozdkov A., Hase Y., Ioshida N., Ivanov E., Kalashnikova I., Kalmychkov G., Karabanov E., Kashik S., Kawai T., Kerber E., Khakhaev B., Khlystov O., Khursevich G., Khuzin M., King J., Konstantinov K., Kochukov V., Krainov M., Kravchinsky V., Kudryashov N., Kukhar L., Kuzmin M., Nakamura K., Nomura Sh., Oksenoid E., Peck J., Pevzner L., Prokopenko A., Romashov V., Sakai H., Sandimirov I., Sapozhnikov A., Seminsky K., Soshina N., Tanaka A., Tkachenko L., Ushakovskaya M., Williams D. The new BDP-98 600-m drill core from Lake Baikal: a key late Cenozoic sedimentary section in continental Asia // Quaternary International. 2001. V. 80. P. 19-36.

Global chronostratigraphic correlation table for the last 2.7 million years. v. 2016A. 2016.

Mats V.D. Comment on Ivanov A.V., Demonterova E.I., Reznitskii L.Z., Barash I.G., Arzhannikov S.G., Arzhanrnikova A.V., Hung C.-H., Chung S.-L. and Iizuka Y., 2015, Catastrophic outburst and tsunami flooding of Lake Baikal: U–Pb detrital zircon provenance study of the Palaeo-Manzurka megaflood sediments // International Geology Review. 2016. Doi: 10.1080/00206814.2015.1064329

#### Рассказов Сергей Васильевич,

доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. лабораторией, зав. кафедрой, 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, email: rassk@crust.irk.ru.

#### Аль Хамуд Аднан,

аспирант, 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет,

Университет Аль-Фурат, Дейр-Эз-Зор, Сирия, *email: hamoudadnan04@gmail.com*.

#### Хассан Абдулмонем,

аспирант, младший научный сотрудник, 664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3, Иркутский государственный университет, геологический факультет, McDonough W.F., Sun S-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120, No. 3–4. P. 223–253.

Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715–717.

Oliveira S.C., Pupim F.N., Stevaux J.C., Assine M.L. Luminescence chronology of terrace development in the Upper Paraná River, Southeast Brazil // Front. Earth Sci. 2019. V. 7. P. 200.

Rasskazov S.V., Al Hamud A., Kononov E.E., Kolomiets V.L., Budaev R.Ts., Hassan A., Tregub T.F., Kulagina N.V., Yasnygina T.A., Chuvashova I.S. The main structural reorganization of the South Baikal Basin: Early Pliocene initiation of strong tectonic deformations and the Lena runoff from Lake Baikal // Limnology and Freshwater Biology 2020 (1): 332–334.

Şengör A.M.C. How scientometry is killing science // GSA Today. 2014. V. 24, No. 12. Doi: 10.1130/GSATG226GW.1

Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell: Scientific Publications, 1985. 312 p.

Tomilov B.V. Age of Pleistocene Baikal formation // International project on paleolimnology and Late Cenozoic climate. JPPCCE News letters. 1996. No. 9. P. 34–40.

664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, Университет Аль-Басс, Хомс, Сирия, email: abdulmonemhassan86@gmail.com.

#### Кулагина Наталья Валентиновна,

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН.

#### Чувашова Ирина Сергеевна,

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, доцент,

664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128,

Институт земной коры СО РАН,

664003 Иркутск, ул. Ленина, д. 3,

Иркутский государственный университет,

геологический факультет, email: chuvashova@crust.irk.ru.

#### Ясныгина Татьяна Александровна,

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128, Институт земной коры СО РАН, email: ty@crust.irk.ru.

# Будаев Ринчин Цыбикжапович,

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба, Геологический институт СО РАН, email: budrin@gin.bscnet.ru.

# Rasskazov Sergei Vasilyevich,

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Laboratory, Head of Chair,

664033 Irkutsk, Lermontov str., 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, 664003 Irkutsk, Lenin str., 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, email: rassk@crust.irk.ru.

# Al Hamoud Adnan,

Postgraduate student, 664003 Irkutsk, Lenin str., 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, Al-Furat University, Deir ez-Zor, Syria, email: hamoudadnan04@gmail.com.

# Hassan Abdulmonem,

postgraduate student, junior researcher, 664003 Irkutsk, Lenin str., 3,

Irkutsk State University, Faculty of Geology, 664033 Irkutsk, Lermontov Str., 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Al Bass University, Homs, Syria, email: abdulmonemhassan86@gmail.com.

# Kulagina Natalia Valentinovna,

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, 664033 Irkutsk, Lermontov str., 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS.

# Chuvashova Irina Sergeevna,

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, Assistent Professor, 664033 Irkutsk, Lermontov str., 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, 664003 Irkutsk, Lenin str., 3, Irkutsk State University, Faculty of Geology, email: chuvashova@crust. irk. ru.

# Yasnygina Tatyana Aleksandrovna,

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, 664033 Irkutsk, Lermontov str., 128, Institute of the Earth's Crust SB RAS, email: ty@crust. irk. ru.

# Budaev Rinchin Tsybikzhapovich,

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanova str., 6a, Geological Institute SB RAS, email: budrin@gin.bscnet.ru.