Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Национальный исследовательский
Томский государственный университет

Геолого-географический факультет
Томского государственного университета

ДИНАМИКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,
посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете
специалистов в области наук о Земле

8–12 ноября 2021 года

ТОМ I

Томск 2021

тального Каспийского бассейна. Важной особенностью строения нижнеплиоценовых отложений является омоложение ее подошвенных слоев при движении от центра впадины к бортовым частям. Наибольшие мощности нижнего плиоцена (до 5 км) установлены в западных районах Южного Каспия, в восточных частях мощности несколько меньше (Царегородцева и др., 2019).

Также на протяжении длительного времени существовали сложности в сопоставлении красноцветной (Туркменской) и продуктивной (Азербайджанской) толщ между собой, что объясняется множественностью источников обломочного материала и отсутствием достаточно надежной фаунистической основы. Благодаря методам сейсмостратиграфических исследований удалось сопоставить продуктивную и красноцветную толщи между собой.

В результате проведенного анализа были получены важные дополнительные представления о строении плиоцен-четвертичного комплекса осадочного чехла, а именно было проведено сопоставление продуктивной и красноцветной толщ, выделены области с клиноформенным строением и депрессионным характером отложений, прослежены несогласия, выклинивания отдельных толщ, получены представления об условиях залегания.

Литература

1. Ализаде А.А., Гулиев И.С., Мамедов П.З., Алиева Э.Г., Фейзуллаев А.А., Гусейнов Д.А. Продуктивная толща Азербайджана. М.: Недра, 2018. Т. 1. 305 с.
2. Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. (Под ред. Леонова Ю.Г., Воложа Ю.А.). М.: Научный мир. 2004. 525 с. (Тр. ГИН РАН; вып. 543)
3. Хаин В.Е. Проблема происхождения и возраста Южно-Каспийской впадины и ее возможные решения // Геотектоника. 2005. №1. С. 40–44.
4. Царегородцева Т.К., Курина Е.Е. Проблемы границ, происхождения и возраста Южно-Каспийской впадины // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Том 2. Материалы LI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2019. С. 386–391.

УДК 551.89

ПАЛЕОКРИОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ – ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ И ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ СОБЫТИЙ ПОЗДНЕГО КВАРТЕРА

В.С. Шейнкман[1], В.П. Парначёв[2]

[1]Институт криосферы Земли ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия
[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия,
vlad.sheinkman@mail.ru

Раскрыты особенности проявления палеокриологических и тектонических процессов в позднем квартере севера Западной Сибири. Глубокое промерзание горных пород в это время происходило в регионе параллельно с формированием в них сейсмических деформаций, которые связаны с активизацией неотектонических явлений в Арктике, а не с появлением и снятием нагрузки на земную кору ледниковых щитов. Закономерности палеокриологического развития региона показывают, что в его условиях такие щиты существовать не могут, и ранее за их следы принимались порожденные холодом образования иного происхождения.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, Западная Сибирь, палеокриология, неотектоника

Specifics of of paleocryological and tectonic development in North-Western Siberia in the Late Pleistocene are disclosed. Strong rock freezing in that time occurred in the region in parallel with formation of seismic rock deformations which have been determined by neotectonic phenomena in Arctic, and not the initiation or taking down of glacial sheet load on earth crust. Regularities of paleocryological development in the region show that under its conditions such sheets cannot exist, and forms of other origin and yielded by cold are considered earlier as glacial relics

Keywords: Late Pleistocene, North-Western Siberia, Paleocryology, Neotectonic processes

Север Западной Сибири – регион со сложной геологической историей, интерпретация которой разными исследователями нередко порождает противоречивые взгляды и вызывает острую дискуссию в литературе. В отношении образований четвертичного периода долгое время для данной территории применялась модель устойчивой платформы, которая в холодные эпохи покрывалась ледниковыми щитами. Соответственно и возможные проявления тектоники связывались тогда с возникновением или снятием нагрузки на земную кору

мощного тела таких щитов (Земцов, 1976; Архипов, 2000), тем более что в историческое время свидетельства сейсмособытий в виде ощутимых землетрясений фиксировались лишь непосредственно в Арктической зоне (Маловичко и др., 2015).

Для авторов особый интерес на севере Западной Сибири представляла зона, протягивающаяся от долины Средней Оби до Полярного круга (рис. 1–I). Она интересна тем, что если к северу от Полярного круга расположена область низкотемпературной криолитозоны с современными полигонально-жильными льдами (ПЖЛ), то в нашем случае мерзлота протаяла, но следы былой низкотемпературной криолитозоны, фиксируемой псевдоморфозами по ПЖЛ, встречаются повсеместно (рис. 1–II, III). При этом по всей толще ранее глубоко промороженных сартанских осадков ясно прослеживаются разнообразные сейсмодеформации (рис. 2). Кроме того, в южной части рассматриваемой зоны протянулась на правобережье Средней Оби невысокая (средняя высота 120 – 140 м, максимальная – 285 м) гряда Сибирские Увалы, которую авторы идентифицировали как молодое тектоническое поднятие (Шейнкман и др., 2017, 2020).

Врезающиеся в тело Сибирских Увалов реки вскрывают в основном песчаный аллювий, лежащий на цоколе морских неогеновых глин, причем верхние слои образующихся при этом речных террас, будучи подняты на высоту 20–40 м над урезом рек, имеют, согласно результатам проведенного авторами датирования (Шейнкман и др., 2017, 2020) сартанский, МИС2, возраст. Иными словами, активное поднятие толщи осадков, слагающих Сибирские Увалы, имело место, по крайней мере, в позднем плейстоцене, происходило со скоростью 2 – 4 мм/год и, скорее всего именно оно обусловило формирование сейсмодеформаций.

Сторонники ледникового щита сейсмодеформаций в теле Сибирских Увалов не фиксировали, и по аналогии с внешне похожими образованиями Русской равнины считали гряду конечной мореной древнего ледника, так как здесь кристаллический фундамент находится глубоко, но в теле Сибирских Увалов встречаются эрратические валуны. Проведя комплекс исследований в верхнем и среднем течении рек Вах, Таз, Пур и Надым и, предварительно проанализировав данные сторонников и противников отмеченной модели и изучив большой массив новой информации (Кузин, 2005; Чувардинский, 2012; Арктический бассейн…, 2017; Крапивнер, 2018), авторы пришли к иному выводу. Реликтов древних ледников ими выявлено не было – только господство процессов глубокого промерзания земной коры в квартере на фоне саморазвития речной сети, причем валуны были лишь вкраплены в толщу песчаного аллювия, являясь результатом обычного для сибирских рек ледово-речного разноса обломков горных пород (Шейнкман и др., 2017; Sheinkman, 2016).

Таким образом, отмеченные явления делают изученную территорию представительным регионом в плане отражения, с одной стороны, его палеокриогенными структурами сдвига, в конце квартера, на север низкотемпературной, характеризуемой наличием ПЖЛ криолитозоны, а с другой фиксаций в этих ранее глубоко промороженных и, как результат, хрупких породах палеосейсмодислокаций.

Сначала рассмотрим ход палеокриогенеза – на примере ясно читаемых псевдоморфоз по ПЖЛ, вскрытых в низовьях р. Надым в районе пос. Пангоды благодаря многочисленным выемкам в этих местах песчаного аллювия для строительных целей. Время начала заполнения псевдоморфоз удалось определить при проходке шурфов на дне одного из карьеров, где выемкой были срезаны верхние части псевдоморфоз, а их нижние части выделялись на поверхности небольшими выпуклостями, противостоящими эрозии ввиду заполнения исходно увлажнённым и уплотненным субстратом. В таких местах образцы из нижних частей псевдоморфоз дали ^{14}C-возраста ~13–14 тыс. л. н. – один из шурфов показан на рис. 2-II. Полный профиль псевдоморфоз показала расчистка стенки карьера, которая позволила увидеть строение крупных псевдоморфоз. Они хорошо выражены (рис. 2-III), достигали 5–6 м по вертикали, 3–4 м по горизонтали, и для них было характерно заполнение сизого цвета с бурым окаймлением, сопряженным с лежащей вверху криогидроморфной почвой – факт формирования былых ПЖЛ в условиях достаточного для их питания увлажнения. К сожалению, гумуса в образцах из псевдоморфоз не хватило для 14C-датирования, но по образцам поверхностных подзолов вверху псевдоморфоз получено несколько среднеголоценовых дат (одна из них показана на рис. 2- III), что позволило определить время окончания развития псевдоморфоз.

Облик узкой нижней части псевдоморфоз говорит, что зарождение их было эпигенетическим и вначале шло по типу изначально грунтовой жилы: концы жилы ветвятся, а слои вмещающего аллювия отогнуты вниз – такие жилы характерны для дренированных песков. Данную фазу можно на наш взгляд сопоставить с началом криохрона МИС2, а в основное его время шло активное наращивание сингенетических, клин-в-клин, ПЖЛ при температуре пород, определяющей (Романовский, 1977) рост ПЖЛ в песках – порядка ~–5°C. Об этом говорит расширение жилы, ее ступенчатый контур и отжимание вверху слоев вмещающего аллювия вверх и в стороны. В самом верху контур жилы сопряжен с реликтами криогидроморфной палеопочвы на прежней подошве сезонно-талого слоя – итог стабилизации поверхности толщи осадков, прекращения синкриогенного роста ПЖЛ и их перехода на время, необходимое для образования этой почвы (первые тысячи лет) вновь на развитие по эпигенетическому типу. В конце МИС2, в терминальную фазу криохрона, началось таяние ПЖЛ с замещением их минерально-почвенным субстратом. А к середине голоцена, когда начал формироваться поверхностный подзол, ПЖЛ вытаяли полностью, и криогидроморфная почва стала реликтовой, частично редуцированной в ходе разви-

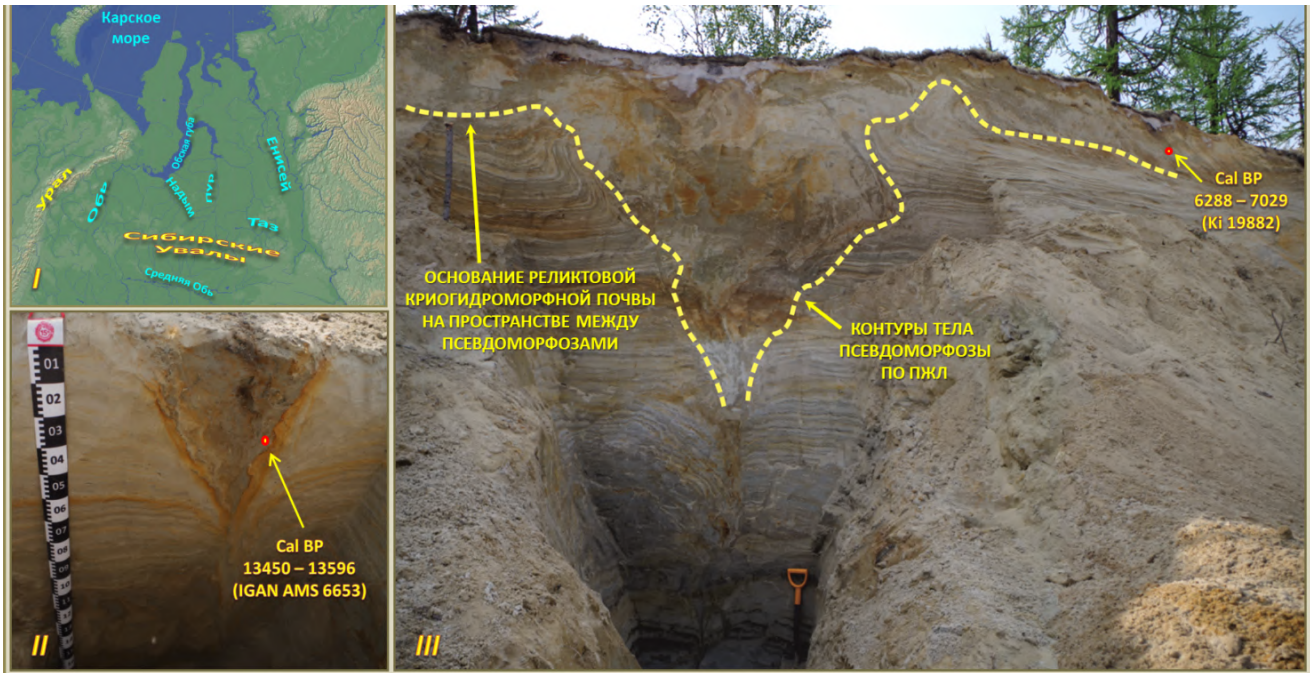

Рис. 1. I – картосхема региона; II – вскрытая при проходке шурфа нижняя часть псевдоморфозы по ПЖЛ в днище карьера в низовьях р. Надым вблизи пос. Пангоды; III – полный профиль псевдоморфоз по ПЖЛ, вскрытых в стенке карьера в низовьях р. Надым вблизи пос. Пангоды. Фото из архива В.С. Шейнкмана

тия подзола, который может формироваться только на талых, хорошо дренированных породах.

Условия палеокриогенеза с глубоким промерзанием пород несовместимы с развитием ледниковых щитов, поэтому гряда Сибирские Увалы может быть только результатом тектонических процессов. Предпосылки для таких процессов определялись структурно-геодинамической зональностью данной территории (Григорьев, Макаров, 2014), но в отложениях квартера ранее их следы здесь не искали, поскольку всё старались объяснять моделью с ледниковыми щитами. Хотя в соседних районах Арктики только в 2015 г. зарегистрировано (Маловичко и др., 2017) 6 землетрясений с магнитудой от 3.7 до 4.5, и тектонической активность фиксировалась здесь давно, а об активном блоковом поднятии изучаемой территории говорит повсеместное наличие высоких террас – итог вреза рек в толщу аллювия. Их высота достигает в Сибирских Увалах 30–40 м и 15–25 м в среднем течении текущих отсюда на север рек Надым, Таз и Пур. Объяснить врез рек иными процессами не получается, и авторы считают, что поднятие можно связать с давлением на кристаллическое основание Западносибирской плиты со стороны срединно-океанического хр. Гаккеля (Арктический бассейн…, 2017), расширяющегося в квартере. Это давление обеспечило вздымание данной территории, в частности – в районе Сибирских Увалов.

При этом в песчаном, ранее глубоко промороженном теле террас авторы выявили много сейсмитов – различные дислокации осадков, разрывные нарушения, проявления ликвефакции (рис. 2). Обычно ликвефакция проявляется в неконсолидированных породах (что наблюдалось авторами, например, во

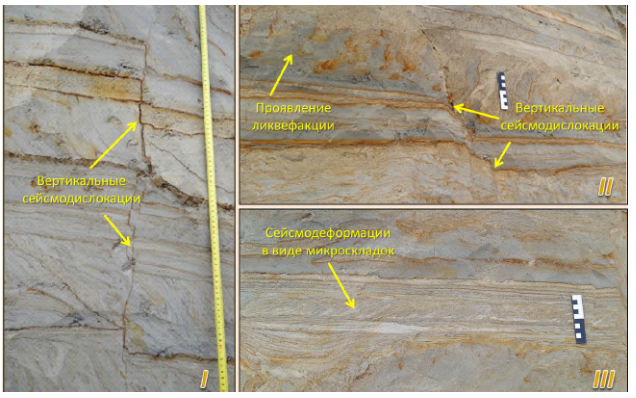

Рис. 2. Различные сейсмодеформации в позднеплейстоценовых аллювиальных осадках 20-м Надымской террасы; окрестности г. Надым. Фото из архива В.С. Шейнкмана

время землетрясения 2003 г. на Алтае), и в нашем случае отмечалась она в ранее талых осадках. Тогда как разрывные деформации фиксировались (рис. 2-I) в породах, прежде консолидированных мерзлотой. Интересно, что) слои с проявлением ликвефакции, будучи потом проморожены, также оказывались в зоне сдвиговых смещений (рис. 2-II). Наряду с разрывами, перемещением и смещением слоёв были обнаружены и напряжённые микроскладки (рис. 2-III), свидетельствовавшие о значительном субмеридиональном сжатии: судя по наклону осей складок, максимальное его воздействие осадки испытали именно со стороны хр. Гаккеля – в направлении север-северо-восток – юг-юго-запад. Вообще явление ликвефакции для оценки сейсмических событий предложено применять А.А. Никоновым (2007) на основании соотношения меж-

ду порогом возникновения её структур и магнитудой порождающих их землетрясений. Согласно этому, текстуры внедрения (в виде язычков пламени и др.) вызываются землетрясениями 7–8 баллов по шкале MSK-64, а лежачие складки с внутренними разрывами и надвиговые структуры при широком распространении деформаций – более 8 баллов. Однако в работе (Мусатов, 1990) отмечено, что для их реконструкции нужно знать изначальные реологические свойства и мощность ликвефицированных и перекрывающих осадков, механизм деформаций и многие другие параметры. Поэтому однозначно о взаимоотношении между степенью ликвефакции и интенсивностью землетрясений пока судить нельзя. Помогает оценка блоковых смещений горных пород. Вдоль глубинных разломов по всей их системе в нашем регионе развиты крупные морфоструктуры сдвигового и взбросово-сдвигового типа (Чувардинский, 2012), включая сопряжённый с Сибирскими Увалами трансзападносибирский разлом. Позднекайнозойская тектоническая активность проявлялась здесь (Гоговенков и др., 2007) на всех стратиграфических уровнях; следы её активизации в позднем квартере и голоцене нашли, как было установлено авторами, отражение и в верхних частях высоких террас региона, осадки которых идентифицированы авторами молодой сартанский (МИС2) аллювий.

Как показало изучение псевдоморфоз по ПЖЛ, в криохрон МИС2 толща песчаного аллювия промерзала, консолидировалась, становилась хрупкой, и во время землетрясений легко поддавалась разрывным деформациям. В низовьях Надыма это подтверждается тем, что здесь повсеместно встречаются высокие террасы, в теле которых развиты псевдоморфозы по ПЖЛ – индикатор глубокого промерзания пород, и в среде этих осадков вне зоны формирования псевдоморфоз, в том числе в слоях, подстилающих толщу с ними, широко представлены секущие всю сартанскую толщу вертикальные трещины (см. рис. 2-I). Смещение слоёв вдоль них составляет 5–10 см, порой до 15 см, причём такие трещины не связаны с областью оседания блоков породы при вытаивании ПЖЛ – это могут быть только сейсмиты. В работе (Никонов, 2007) наличие ликвефакции считается свидетельством высокой сейсмичности, но на наш взгляд величина фиксированных смещений слоев позволяет говорить об их возникновении во время землетрясений меньшей, интенсивностью до 5-6 баллов, по всей вероятности, силы

Вздымание рассматриваемой территории толщи к северу от Сибирских Увалов на 20-м высоту, а в восточной их части – на высоту до 40 м не раньше начала голоцена говорит о высокой скорости этого поднятия. Отмеченные оценки в 2–4 мм/год в любом случае означают высокую активности тектонических процессов в регионе в позднем квартере – в МИС2 и ранее в МИС3. Процесс такого вздымания продолжается и его необходимо учитывать при возведении инженерных сооружений.

Литература

1. Арктический бассейн (геология и морфология). СПб.: ВНИИОкеангеология. 2017, 291 с.
2. Архипов С.А. Главные геологические события позднего плейстоцена (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2000. Т. 41. № 6. С. 792–799.
3. Григорьева С.В., Макаров В.И. Новейшая структурно-геодинамическая зональность Западно-Сибирской платформы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 2. С. 114–126
4. Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2007. № 3. С. 3–10.
5. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная часть). Томск, 1976, ТГУ, 344 с.
6. Крапивнер Р.Б. Кризис ледниковой теории: аргументы и факты. ГЕОС. 2018. 320 с.
7. Кузин И.Л. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. СПб.: Издательство Государственной полярной академии. 2005. 176 с.
8. Маловичко А.А., Коломиец В.В., Рузайкин А.И. Сейсмичность России в 2015 году // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 4. С. 21–34.
9. Мусатов Е.Е. Неотектоника Баренцево-Карского шельфа // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1990. № 5. С. 20–27.
10. Никонов А.А. Сейсмодеформации в рыхлых отложениях и их использование в палеосейсмологических реконструкциях // Проблемы современной сейсмологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии. Т. 2. Иркутск: ИЗК. 2007. С. 56–58
11. Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жильных структур. Новосибирск: Наука, 1977. 215 с.
12. Чувардинский В.Г. Четвертичный период. Новая геологическая концепция. Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН. 2012. 179 с
13. Шейнкман В. С., Мельников В.П., Парначев В.П. Анализ криогенных и тектонических процессов на севере Западной Сибири в плейстоцене с позиций криогетеротопии // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Том 494. № 1. С. 82–86.
14. Шейнкман В.С., Мельников В. П.,. Седов С. Н., Парначёв В.П. Новые свидетельства внеледникового развития севера Западно-Сибирской низменности // ДАН. 2017. Т. 477. № 4.. С. 480–484.
15. Sheinkman V. Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation // Quaternary International. V. 420. 2016. pp. 15–23.