

УДК 551.242 + 551.253 (571.1)

СЕЙСМОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПОЗДНЕГО КВАРТЕРА НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.С. Шейнкман^{1,2,3}, В.П. Парначёв⁴, С.Н. Седов^{1,2,3}

¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, vlad.sheinkman@mail.ru

²Тюменский государственный университет, Тюмень, serg_sedov@yahoo.com

³Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, vlad.sheinkman@mail.ru

⁴НИ Томский государственный университет, Томск, dingeo@ggf.tsu.ru

Приведены свидетельства о внеледниковом развитии севера Западной Сибири в четвертичное время. Многочисленные обломки долеритов, вкрапленные в аллювиальные толщи, явились результатом не ледникового, а ледово-речного разноса и принесены с правобережья Енисея при подъеме воды во время весенних ледоходов. Установлено господство в квартере процессов глубокого промерзания верхних горизонтов земли с формированием псевдоморфоз по полигонально-жильным льдам (ПЖЛ) – индикаторам сильного в МИС-2 промерзания. Установлены секущие сартанскую толщу трещины со смещением слоев до 15 см, которые интерпретируются как сейсмичности, возникшие при землетрясениях интенсивностью до 5-6 баллов. Сартанский возраст данного комплекса обоснован тем, что по окаймлявшим ПЖЛ холодным гидроморфным палеопочвам получена серия ¹⁴C-датировок в пределах 10-12 тыс. лет назад, фиксируя время вытаивания ПЖЛ.

Ключевые слова: сартанский аллювий, ледово-речной разнос, сейсмичности, сбросо-взбросы, ликвефакции, полигонально-жильные льды, сейсмичность, Сибирские Увалы, Западная Сибирь.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15304

Дата поступления 7.05.2019

До последнего времени в тектоническом плане север Западной Сибири для четвертичного времени рассматривался в качестве устойчивой платформы, периодически перекрываемой покровными ледниками. Возможные тектонические явления связывались здесь с появлением или снятием нагрузки на земную кору огромного, в несколько километров толщиной, ледника [1-2]. В пользу этого говорило отсутствие в историческое время задокументированных сейсмических деформаций и то, что возвышенность Сибирские Увалы на правобережье Средней Оби по аналогии с внешне похожими образованиями Русской равнины считали конечной мореной древнего ледника. Это подтверждалось многочисленными находками здесь разнораз-

мерных обломков преимущественно магматических пород, хотя кристаллический фундамент находится на глубине в несколько километров.

Проанализировав данные сторонников и противников отмеченной модели, и изучив большой массив новой информации [3-6], было проведено специальные исследования береговых обнажений в верхнем и среднем течении рек Вах, Таз, Пур и Надым. Следов ледниковой деятельности не выявлено, но установлено господство в четвертичное время процессов глубокого промерзания верхних горизонтов земли на фоне саморазвития речной сети. Окатанные валуны оказались лишь вкрапленными в аллювиальные толщи, являясь результатом обычного для сибирских рек ледово-

речного разноса захваченных льдинами обломков горных пород [7]. Большинство из них (долериты, базальты, анамезиты, габбро-долериты и др.), как выяснилось, привнесены с правобережья Енисея при подъеме воды во время весенних ледоходов.

Встал вопрос и о природе возвышенных Сибирских Увалов. В отсутствие воздействия ледников они могли быть только результатом тектонических процессов, и поэтому усилия были направлены на поиск их следов. Предпосылки развития таких процессов определялись структурно-геодинамической зональностью данной территории [9]. Но в осадках квартера ее следы не искали – все старались объяснять воздействием ледниковых покровов, хотя в соседних районах Арктики только в 2015 г. [10] зарегистрировано 6 землетрясений с магнитудой от 3,7 до 4,5.

Об активном блоковом поднятии изучаемой территории говорят высокие террасы – итог вреза рек в песчаную, в основном, толщу аллювия. Их высота достигает в Сибирских Увалах 30-40 м, а севернее – до 25 м. Объяснить такой врез можно воздействием на Западно-сибирскую плиту срединно-океанического хребта Гаккеля в Северном ледовитом океане, расширяющегося в квартере со скоростью до 1,5 см в год. Это находит отражение в субмеридиальном сжатии осадочной толщи на данной территории, и ее вздымании [5], в частности, в районе Сибирских Увалов. При этом в теле террас обнаружены многочисленные сейсмичности – ликвификации и различные разрывные нарушения.

Ликвификации проявляются при землетрясениях в неконсолидированных породах как внедрение обретающих текучесть рыхлых осадков. Они наблюдались во время землетрясения 2003 г. на Алтае [11], а также в юго-восточной части Западной Сибири [12-13]. На севере региона выявлены ликвификации в талых рыхлых осадках, тогда как установленные разрывные деформации могли про-

являться только в относительно хрупких прежде мерзлых породах. Напряженные микроскладки в толщах свидетельствовали о значительном субмеридиальном сжатии, и максимальное его воздействие, судя по наклону их осей, осадки испытали в направлении север-северо-восток – юг-юго-запад, с последующим разрывом слоев и их смещением. Для оценки сейсмических событий использование данных о ликвификации предложено А.А. Никоновым [14] на основании соотношений между порогом возникновения ее структур и интенсивностью порождающих их землетрясений. Согласно этому, различные текстуры внедрения, подобные язычкам пламени, цветкам и др., вызываемые землетрясениями в 7-8 баллов по шкале MSK-64. Если образуются еще и лежащие складки, то отмечаются надвиговые структуры при широком распространении деформаций – более 8 баллов.

Вместе с тем, Е.Е. Мусатовым [15] отмечается, что для их реконструкции нужно знать изначальные реологические свойства и мощность ликвифицированных и перекрывающих осадков, механизм деформаций и многие другие параметры. Поэтому об однозначности взаимоотношений между степенью ликвификации и интенсивностью землетрясений пока говорить не приходится. Помогает в таких случаях оценка блоковых смещений горных пород. Отмечается, что в регионе вдоль древних глубинных разломов по всей их системе развиты крупные морфоструктуры сдвигового и взбросо-сдвигового типа [4], включая Транссибирский разлом, с которым сопряжено субширотное поднятие Сибирских Увалов. Считается [16], что позднекайнозойская тектоническая активность проявлялась здесь на всех стратиграфических уровнях. Следы ее активизации в позднем квартере и голоцене нашли отражение и в верхних частях высоких террас региона, где осадки, как было установлено авторами, представлены сартанским (МИС-2) аллювием (рис. 1).

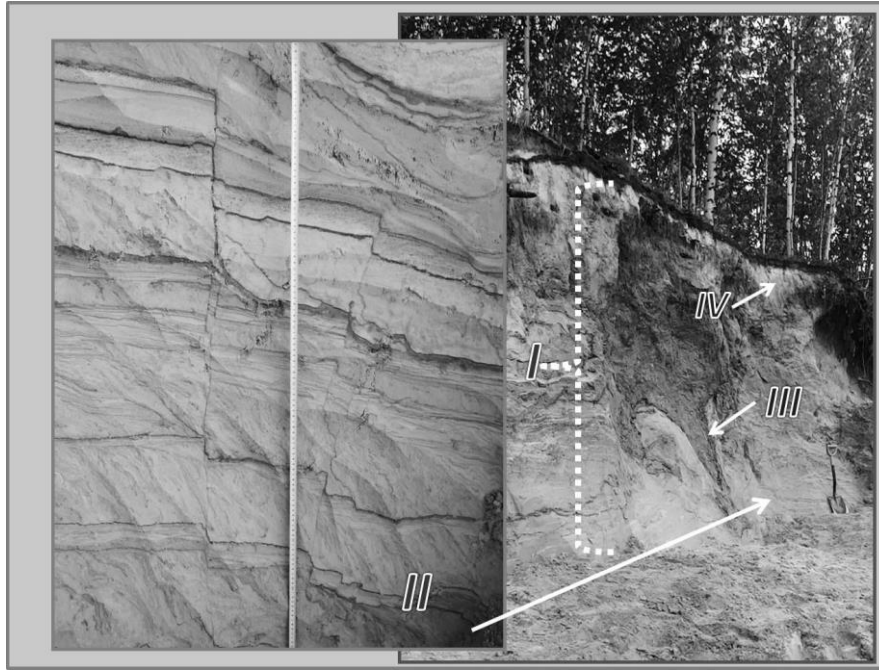


Рис. 1. Верхняя часть террасы в долине р. Левая Хетта, приток р. Надым (около 20 м):

I – перекрытый голоценовыми осадками сартанский аллювиальный комплекс; II – сейсмиты в виде вертикальных смещений мерзлых, в прошлом, слоев аллювия; III – холодная гидроморфная палеопочва, окаймляющая псевдоморфозу по полигонально-жильному льду; IV – позднеголоценовый подзол.

Фото из архива В.С. Шейнкмана. Пояснения в тексте.

В криохрон МИС-2 эта толща промерзала, консолидировалась, становилась хрупкой, и во время землетрясений легко поддавалась разрывным деформациям. Так в долине р. Надым и ее притоков (район г. Надым) повсеместно встречаются террасы высотой около 20 м, в верхней части которых развиты псевдоморфозы МИС-2 по полигонально-жильным льдам (ПЖЛ) – индикаторам сильного в прошлом, промерзания. В среде этих осадков широко представлены секущие всю сартанскую толщу вертикальные трещины со смещением слоев вдоль них на 5-10 см (иногда до 15 см), не связанные с оседанием блоков породы при вытаивании ПЖЛ. Эти разрывные нарушения интерпретируются как сейсмиты, при этом величина смещений позволяет судить об их возникновении во время землетрясений интенсивностью до 5-6 баллов. Сартанский возраст данного комплекса обоснован тем, что по окаймлявшим ПЖЛ

холодным гидроморфным палеопочвам, впервые выявленным в этом регионе [7], была получена серия ^{14}C -датировок в пределах 10-12 тыс. лет назад – фиксируя время вытаивания ПЖЛ, возникших раньше (прежде считалось, что подобные образования под ледниковым покровом в данном районе не возможны). Учитывая, что выше по разрезу эти осадки перекрыты позднеголоценовыми подзолами (рис. 1), то можно предполагать, что вздымание данной толщи на 20-м высоту (в восточной части Сибирских Увалов – на высоту до 40 м) произошло не раньше начала голоцена. Следовательно, скорость поднятия составляла 2-4 мм в год, что также говорит о высокой активности тектонических процессов в регионе в то время, тем более что, аналогичные явления были зафиксированы и в центральных частях разреза террас в северных районах Западной Сибири, по крайней мере, до датированных осадков МИС-5 [7].

Список литературы

1. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная часть). – Томск: ТГУ, 1976. – 344 с.
2. Архипов С.А. Главные геологические события позднего плейстоцена (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41. – № 6. – С. 792-799.
3. Кузин И.Л. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. – СПб: Изд-во Государственной полярной академии, 2005. – 176 с.
4. Чувардинский В.Г. Четвертичный период. Новая геологическая концепция. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2012. – 179 с.
5. Арктический бассейн (геология и морфология). – СПб: ВНИИОкеангеология, 2017. – 291 с.
6. Крапивнер Р.Б. Кризис ледниковой теории: аргументы и факты. – М.: ГЕОС, 2018. – 320 с.
7. 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.
8. Sheinkman V. Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation // Quaternary International. – 2016. – V. 420. – P. 15-23.
9. Григорьева С.В., Макаров В.И. Новейшая структурно-геодинамическая зональность Западно-Сибирской платформы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2014. – № 2. – С. 114-126
10. Маловичко А.А., Коломиец В.В., Рузайкин А.И. Сейсмичность России в 2015 г. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2017. – № 4. – С. 21-34.
11. Зенин В.Н., Лещинский С.В., Феденева И.Н. и др. Новые палеолитические комплексы Томь-Енисейского междуречья // Палеогеография каменного века. Корреляции природных событий и археологических культур палеолита Северной Азии и сопредельных территорий: матер. междунар. конф. – Красноярск, 2000. – С. 56-58.
12. Парначёв В.П. К проблеме сейсмичности и неотектонических движений на территории города Томска // Минерально-сырьевая база Сибири: история становления и перспективы. Том 1. Полезные ископаемые. – Томск: ТПУ, 2008. – С. 495-501.
13. Шварев С.В. Голоценовая активность разрывных структур юго-востока Западной Сибири, ее проявление в рельефе и строении аллювиальных отложений // Геоморфология. – 2009. – № 21. – С. 84-91.
14. Никонов А.А. Сейсмодетформации 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.
15. Мусатов Е.Е. Неотектоника Баренцево-Карского шельфа // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 1990. – № 5. – С. 20-27.
16. Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2007. – № 3. – С. 3-10.

References

1. Zemtsov A.A. Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoy ravniny (severnaya i tsentralnaya chast). – Tomsk: TGU, 1976. – 344 s.
2. Arkhipov S.A. Glavnye geologicheskiye sobytiya pozdnego pleystotsena (Zapadnaya Sibir) // Geologiya i geofizika. – 2000. – T. 41. – № 6. – S. 792-799.
3. Kuzin I.L. Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoy ravniny. – SPb, 2005. – 176 s.
4. Chuvardinsky V.G. Chetvertichny period. Novaya geologicheskaya kontseptsiya. – Apatity: Izd-vo Kolskogo nauchnogo tsentra RAN, 2012. – 179 s.
5. Arktichesky basseyn (geologiya i morfologiya). – SPb, 2017. – 291 s.
6. Krapivner R.B. Krizis lednikovoy teorii: argumenty i fakty. – M.: GEOS, 2018. – 320 s.

7. Sheynkman V.S., Melnikov V.P., Sedov S.N., Parnachyov V.P. Novye svдетельstva vnednikovogo razvitiya severa Zapadno-Sibirskoy nizmennosti // DAN. – 2017. – Т. 477. – № 4. – С. 480-484.
8. Sheinkman V. Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation // Quaternary International. – 2016. – V. 420. – P. 15-23.
9. Grigoryeva S.V., Makarov V.I. Noveyshaya strukturno-geodinamicheskaya zonalnost Zapadno-Sibirskoy platformy // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. – 2014. – № 2. – С. 114-126
10. Malovichko A.A., Kolomiyets V.V., Ruzaykin A.I. Seysmichnost Rossii v 2015 g. // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. – 2017. – № 4. – С. 21-34.
11. Zenin V.N., Leshchinsky S.V., Fedenyova I.N. i dr. Novye paleoliticheskiye komplekсы Tom-Eniseyskogo mezhdurechya // Paleogeografiya kamennogo veka. Korrelyatsii prirodnykh sobyty i arkheologicheskikh kultur paleolita Severnoy Azii i sopredelnykh territoriy: mater. mezhdunar. konf. – Krasnoyarsk, 2000. – С. 56-58.
12. Parnachyov V.P. K probleme seysmichnosti i neotektonicheskikh dvizheny na territorii goroda Tomska // Mineralno-syryevaya baza Sibiri: istoriya stanovleniya i perspektivy. Tom 1. Poleznye iskopyayemye. – Tomsk: TPU, 2008. – С. 495-501.
13. Shvarev S.V. Golotsenovaya aktivnost razryvnykh struktur yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri, eyo proyavleniye v relyefe i stroyenii allyuvialnykh otlozheny // Geomorfologiya. – 2009. – № 21. – С. 84-91.
14. Nikonov A.A. Seysmodeformatsii v rykhlykh otlozheniyakh i ikh ispolzovaniye v paleoseysmologicheskikh rekonstruktsiyakh // Problemy sovremennoy seysmologii i geodinamiki Tsentralnoy i Vostochnoy Azii. Т. 2. – Irkutsk: IZK, 2007. – С. 56-58.
15. Musatov Ye.E. Neotektonika Barentsevo-Karskogo shelfa // Izv. VUZov. Geologiya i razvedka. – 1990. – № 5. – С. 20-27.
16. Gogonenkov G.N., Kashik A.S., Timurziyev A.I. Gorizontálne sdvigi fundamenta Zapadnoy Sibiri // Geologiya nefi i gaza. – 2007. – № 3. – С. 3-10.

SEISMIC DEFORMATIONS IN ALLUVIAL DEPOSITS OF LATE QUATERNARY IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA

V.S. Sheinkman^{1,2,3}, V.P. Parnachev⁴, S.N. Sedov^{1,2,3}

¹Tyumen industrial University, Tyumen, vlad.sheinkman@mail.ru

²Tyumen State University, Tyumen, serg_sedov@yahoo.com

³Institute of Cryosphere of the Earth, TyumRC of SB RAS, Tyumen, vlad.sheinkman@mail.ru

⁴NI Tomsk State University, Tomsk, dingeo@gf.tsu.ru

The evidence of non-glacial development of the north of Western Siberia in the Quaternary was given. Numerous fragments of dolerites, impregnated in alluvial strata are the result not of glacial, but of ice-river spread. These fragments were brought from the right bank of the Yenisei with high water during spring ice drifting. We established the dominance of the processes of deep freezing of the Earth's upper horizons with the pseudomorphosis formation on polygonal-vein ice (PVI) – as the indicators of strong freezing, and the Sartan cracks with layers displacement up to 15 cm. These cracks were interpreted as seismites caused by 5-6 earthquake intensity. A series of ¹⁴C-Dating within 10-12-th years made for bordering PVI cold hydromorphic paleosoils (with the fixed PVI spread time) proves the Sartan age of this complex.

Keywords: Sartan alluvium, ice-river spread, seismite, fault-reverse fault, liquefaction, polygonal-vein ice, seismicity, Siberian Ouvals, Western Siberia.

Received May 25, 2019