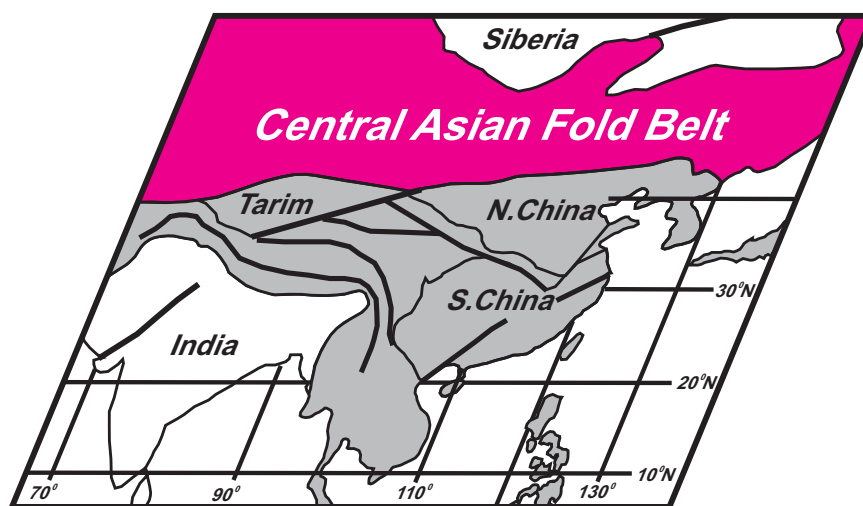




ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЛИТОСФЕРЫ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

ОТ ОКЕАНА 
К КОНТИНЕНТУ



Материалы конференции

ВЫПУСК 20

ИРКУТСК
2022

**СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
ИНСТИТУТ ЗЕМНОЙ КОРЫ СО РАН**

**ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
ЛИТОСФЕРЫ ЦЕНТРАЛЬНО-
АЗИАТСКОГО ПОДВИЖНОГО
ПОЯСА
(от океана к континенту)**

**Материалы научной конференции
Выпуск 20**

(18–21 октября 2022 г., ИЗК СО РАН, г. Иркутск)

**ИРКУТСК
2022**

УДК 551.2:551.71/.72

ББК Д392я431+Д432я431+Д341/347–1я431+Д9(54)39я431

Г35

Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научной конференции. Вып. 20. 18–21 октября 2022 г., ИЗК СО РАН, г. Иркутск / ответственный редактор Е.В. Складчиков, председатель Оргкомитета Е.В. Складчиков; Сибирское отделение РАН, Институт земной коры СО РАН. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2022. – 344 с.

В сборнике представлены труды двадцатой Всероссийской научной конференции «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)».

Основная тематика конференции:

1. Ранние этапы становления и эволюции Центрально-Азиатского складчатого пояса (мезо- и неопротерозой).
2. Магматизм, метаморфизм и деформации литосферы на стадии закрытия Палеоазиатского океана (палеозой – мезозой).
3. Тектоника, геодинамика, орогенез.
4. Внутриплитная активность, горообразование и палеоклиматические изменения в мезозое и кайнозое Центральной Азии.
5. Палеомагнетизм и пространственно-временные реконструкции Центрально-Азиатского пояса и его обрамления.
6. Металлогеническая эволюция и условия проявления рудообразующих систем в геодинамических обстановках Центрально-Азиатского складчатого пояса.
7. Формирование концептуальных основ мониторинга экстремальных геологических и эколого-геохимических процессов.

Председатель Оргкомитета конференции

чл.-корр. РАН Е.В. Складчиков (ответственный редактор)

Заместитель председателя Оргкомитета, председатель программного комитета

чл.-корр. РАН Д.П. Гладкочуб

Ученый секретарь конференции, заместитель председателя программного комитета

д.г.-м.н. Т.В. Донская

Ответственный секретарь конференции

к.г.-м.н. З.Л. Мотова

Утверждено к печати Ученым советом ИЗК СО РАН.



ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ В КОМПЛЕКСИРОВАНИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КРИОЛИТОЗОНЫ АРКТИКИ

И.В. Буддо^{1,2,3,4}, И.А. Шелохов^{1,2,3,4}, Н.В. Мисюркеева^{1,2,3,4},
И.К. Семинский¹, А.Н. Шеин³

¹ Иркутск, Институт земной коры СО РАН, biv@crust.irk.ru

² Иркутск, Иркутский национальный исследовательский технический университет

³ Салехард, ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»

⁴ Иркутск, ООО «СИГМА-ГЕО»

Сегодня российская Арктика развивается опережающими темпами. Большинство жилых зданий и промышленных сооружений в зоне вечной мерзлоты возводятся по принципу сохранения мерзлого состояния грунтов оснований, в то же время происходящие климатические изменения приводят к деградации толщи многолетнемерзлых пород (ММП). Изучение ММП как в современном их состоянии, так и в перспективе различных климатических сценариев является актуальной задачей.

В плане изучения структуры ММП важно картировать ее кровлю – для изучения процессов деградации мерзлоты ввиду рисков для инфраструктуры и объектов строительства, подошву – для проектирования точек заложения глубоких скважин, их конструкции и технологии бурения и внутреннего строения – для поисков скоплений свободного газа, газовых гидратов, подводящих флюиды каналов, а также исследования булгунняхов (бугров пучения) [5].

Очевидно, что для решения поставленных задач необходимо применение определенного комплекса геофизических методов, каждый из которых имеет как сильные, так и слабые стороны.

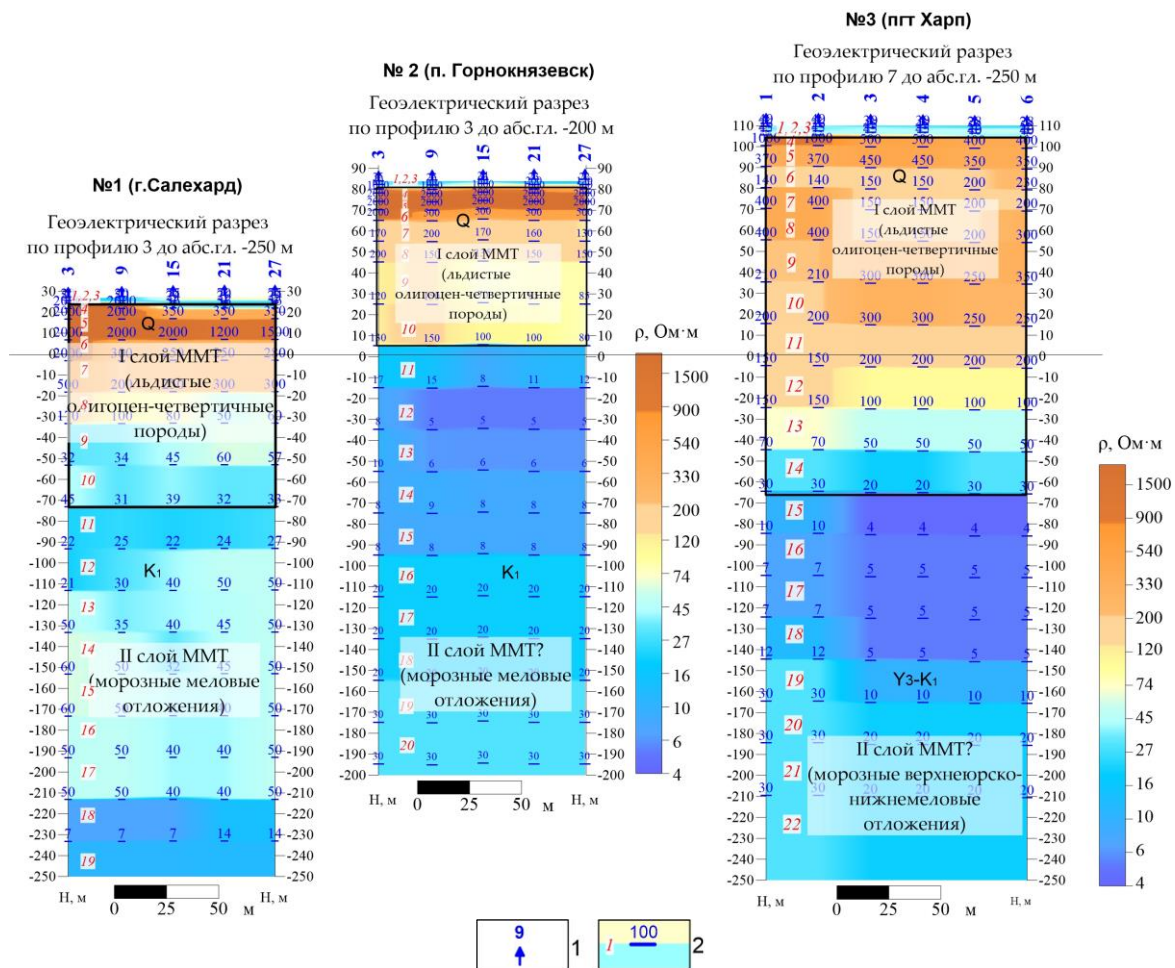
В работах [1–4] показано, что геофизические методы являются важнейшим инструментом в картировании и выделении мерзлоты. Ранее среди методов геофизических исследований наиболее часто применялись электрические зондирования на постоянном токе, а также малоглубинная сейсморазведка. По результатам проведенных исследований [6, 7] предшественниками получены информативные модели разрезов многолетнемерзлых пород глубиной в первые десятки метров.

В период с 2019 по 2021 г. были проведены электроразведочные исследования вблизи г. Салехарда на полигонах «Салехард», «Харп» и «Горнокнязевск» методами постоянного тока (электротомография), зондирований становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) и георадара.

Исследования методом ЗСБ были выполнены в двух модификациях: с использованием установок как малой (генераторная петля 25×25 м), так и средней площади (генераторная петля 100×100 м). Применение различной геометрии установок ЗСБ позволило получить наиболее детальную модель первых 20–30 м разреза, а также изучить более глубинную часть до 200–300 м (рисунок).

Вместе с тем при комплексировании материалов электроразведки методами постоянного тока и ЗСБ, георадара авторы столкнулись с определенными трудностями. Тренды изменения удельного электрического сопротивления среды на геоэлектрических разрезах для электрических и электромагнитных зондирований в целом схожи, однако наблюдаются и существенные отличия. Отчасти это может быть связано с более частым шагом между электродами и большей чувствительностью к высокоомным образованиям у методов постоянного тока. По данным ЗСБ получена более сглаженная картина.

Отдельный вопрос связан с возможностью комплексирования электрических и электромагнитных зондирований с материалами георадара. Здесь ситуация еще более сложная, хотя предполагалось, что границы раздела сред, полученные разными методами, должны быть схожи.



Геоэлектрические разрез геокриологических полигонов исследования, полученные по данным ЗСБ.

1 – пункты микро-ЗСБ; 2 – геоэлектрические горизонты: синий – сопротивление, Ом·м; красный – номер горизонта.

Анализируя вышеупомянутые материалы геофизических исследований, можно сделать ряд **выводов**:

1. Геоэлектрические характеристики верхней части разреза резко изменчивы.
2. Шаг зондирований мкЗСБ существенно реже электротомографии, в силу чего латеральная детальность выше у последней
3. На разрезах электротомографии контрастно выделяется самый верхний – сезонно-талый – слой мощностью около 2 м.
4. На геоэлектрическом разрезе как по данным электротомографии, так и по мкЗСБ отчетливо выделяется граница кровли мерзлых пород – максимумом УЭС.
5. Метод ЗСБ с использованной геометрией зондирующих установок позволяет изучать разрез до глубины порядка 200 м.

С учетом того, что данная методика апробирована (разноразмерные установки ЗСБ, комплекс методов) впервые на территории Западной Сибири, необходимо проведение подобных исследований и на других геокриологических полигонах для подтверждения эффективности методики, ее оптимизации, а также дополнительной верификации с априорными данными для получения достоверной модели.

В последующем представляется важной углубленная детализация проведенных исследований мкЗСБ на территории трех полигонов, а также комплексирование с данными георадиолокационных исследований и электротомографии.

Так как на глубину сезонного промерзания – протаивания влияют множество факторов: радиационно-тепловой баланс (зональный фактор), снежный и растительный покров, рельеф и экспозиция склонов, водный покров, свойства грунтов (климат, грунты и ландшафт), следует учитывать эти параметры при дальнейшей интерпретации.

Авторы выражают благодарность В.А. Селяеву за проведение полевых исследований ЗСБ в 2021 г., а также к.т.н. генеральному директору ООО «СИГМА-ГЕО» Ю.А. Агафонову, исполнительному директору ООО «СИГМА-ГЕО» М.В. Шарлову за всецелую поддержку исследований.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-20009, <https://rscf.ru/project/22-17-20009/>.

Проект № 22-17-20009 «Современные методы геофизических исследований для разработки и научного обоснования подходов к изучению внутреннего строения криолитозоны и поверхностных криогенных форм рельефа Арктики и их возможной связи с флюидодинамическими процессами» реализуется при поддержке правительства Ямало-Ненецкого автономного округа.

- [1] Боголюбов А.Н., Боголюбова Н.П., Лисицын В.В., Курандин Н.П. Рекомендации по геофизическим работам при инженерных изысканиях для строительства (электроразведка). М.: Стройиздат, 1984. 104 с.
- [2] Бойков С.А. Электроразведка методом сопротивлений при инженерно-геологических и мерзлотных исследованиях в условиях прерывистого распространения многолетнемерзлых пород: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1973. 32 с.
- [3] Якунов В.С. Геофизика криолитозоны. Якутск, 2008.
- [4] Зыков Ю.Д. Геофизические методы исследования криолитозоны. М.: Изд-во МГУ, 1999. 243 с.
- [5] Buddo I., Sharlov M., Shelokhov I., Misyurkeeva N., Seminsky I., Selyaev V., Agafonov Y. Applicability of transient electromagnetic surveys to permafrost imaging in Arctic West Siberia // *Energies* 2022. V. 15. 1816. doi:10.3390/en15051816.
- [6] Melnikov V.P., Skvortsov A.G., Malkova G.V., Drozdov D.S., Ponomareva O.E., Sadurtdinov M.R., Tsarev A.M., Dubrovin V.A. Seismic studies of frozen ground in Arctic areas // *Russian Geology and Geophysics*. 2010. № 51. P. 136–142.
- [7] Skvortsov A.G., Tsarev A.M., Sadurtdinov M.R. Seismic studies of frozen ground // *Earth's Cryosphere*. 2011. V. XV. № 4. P. 96–98.