

Геофизические исследования флюидодинамических структур

Мисюркеева Н.В.^{1,2,3}, Буддо И.В.^{1,2,3,4}, Шелохов И.А.^{1,2,3,4}, Агафонов Ю.А.², Смирнов А.С.^{3,5}

Geophysical studies of fluid dynamic structures

Misyurkeeva N.V., Buddo I.V., Shelokhov I.A., Agafonov Yu.A., Smirnov A.S.

¹ Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск;

e-mail: mnv@crust.irk.ru

² ООО СИГМА-ГЕО, г. Иркутск

³ ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард

⁴ ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

⁵ ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Описан опыт геофизических исследований методом зондирования становлением поля в ближней зоне в комплексе с сейсморазведочными исследованиями 3D МОГТ с целью изучения строения разреза под предполагаемыми флюидодинамическими структурами от поверхности до глубины 5 км.

Введение

Глубинные флюидодинамические процессы находят отражение на поверхности Земли и вблизи нее в виде различных морфологических форм, таких как следы высачивания, геохимические аномалии, грязевые и гидровулканы или гидролакколиты – ледяные бугры, разнообразные воронки, озера и др.

Гидровулканов-гидролакколитов особенно много в северных и арктических районах Земли, где распространена вечная мерзлота. Здесь они называются буграми пучения, булгуньяхами. Например, в Западной Сибири насчитывается более 1500 булгуньяхов. Они имеют высоту от 1-2 м до 15-35 м, диаметр до 200-400 м [4].

Одной из особенностей подобных структур и, в то же время, опасным явлением на севере Западной Сибири являются выбросы газа и образование воронок, приуроченных к буграм пучения. Ярким примером результата взрыва бугра пучения может служить известный Ямальский кратер [1-3]. Впоследствии кратер был заполнен водой. В связи с этим, генезис многих озер правильной округлой формы на территории Западной Сибири связывают с кратерами газового выброса, заполненного после их образования водой [1].

Таким образом, озера и другие морфоструктурные элементы рельефа также могут быть индикаторами глубинных флюидодинамических процессов, так как являются активным источником эмиссии метана в атмосферу [1].

Несмотря на широкое распространение, поверхностные проявления флюидодинамических процессов изучены очень слабо. Изученность булгуньяхов как геофизическими методами, так и бурением, сводится преимущественно к их приповерхностной части, тогда как информация об их глубинном строении отсутствует.

Методы

Геофизические исследования методом малоглубинных зондирований становлением поля в ближней зоне (мЗСБ) и глубинных (ЗСБ) зондирований в комплексе с сейсморазведочными исследованиями методом общей глубинной точки (3D МОГТ) позволили изучить строение разреза под предполагаемыми флюидодинамическими структурами от поверхности до глубины 5 км.

Результаты исследований

На геоэлектрических разрезах территории исследования, на абсолютных отметках от -70 м до -400 м и глубже (до 3 км), наблюдаются вертикальные геоэлектрические аномалии, пронизывающие толщу осадочных пород.

По геоэлектрическим характеристикам аномалии характеризуются как пониженными, 5-10 Ом·м, так и высокими, 40-100 Ом·м, значениями сопротивления. Выделенные зоны отождествляются с вертикальными зонами неоднородностей в разрезе, по которым, по-видимому, могли поступать флюиды из глубинных залежей в верхнюю часть разреза (рис. 1).

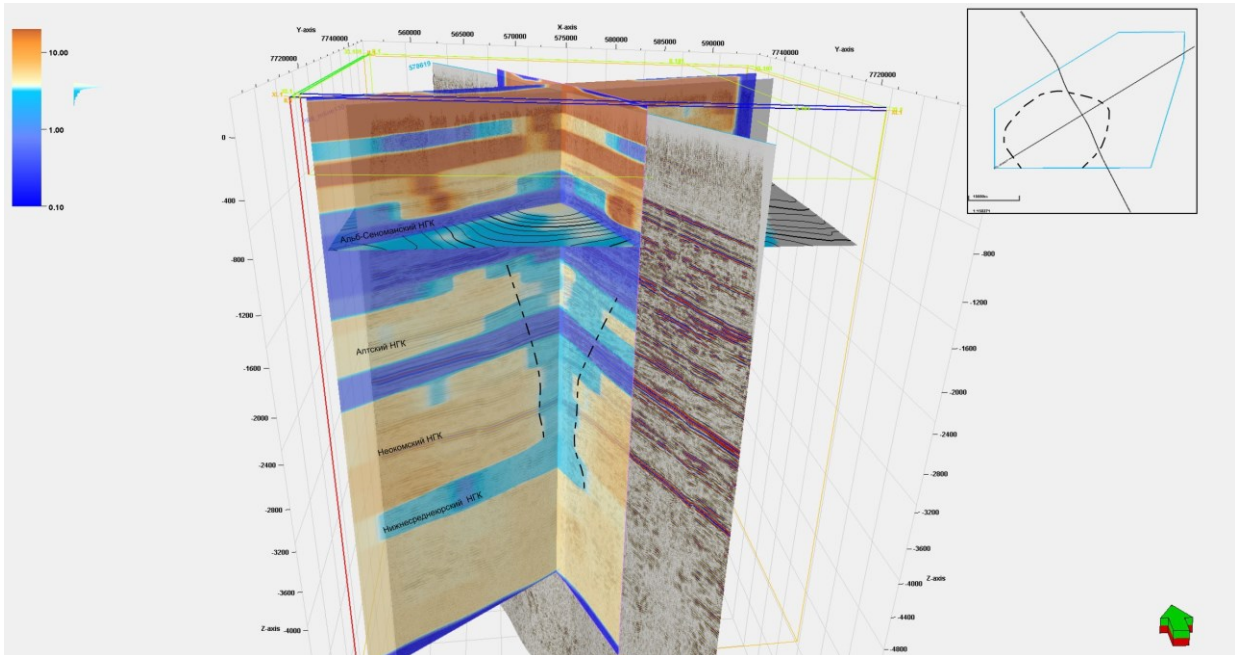


Рис. 1. Канал флюидомиграции по комплексу геофизических данных.

Что характерно, зачастую данные зоны протягиваются вплоть до четвертичных отложений и находятся под местами расположения бугров пучения и крупных озер (рис. 1, 2).

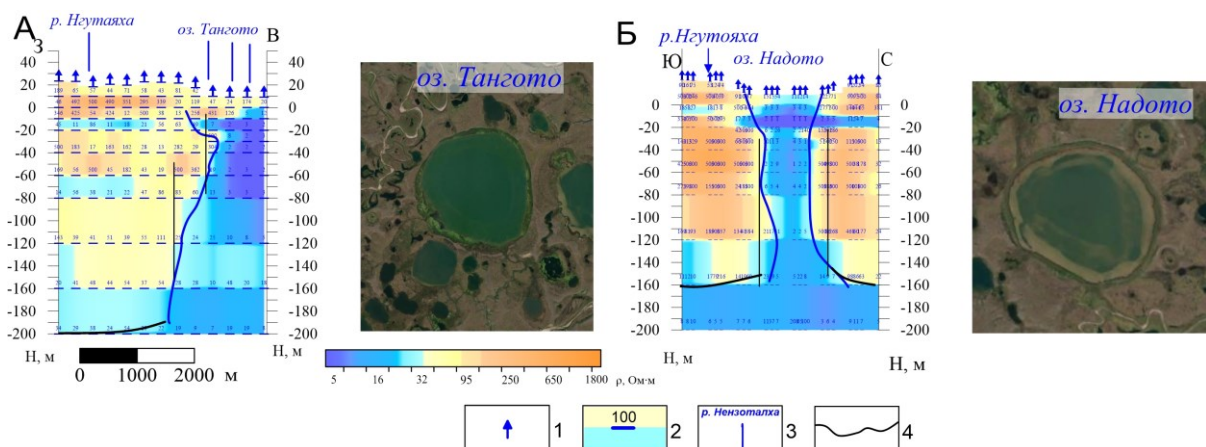


Рис. 2. Строение верхней части разреза под озерами: А – озеро Тангото, Б – озеро Надото. Условные обозначения: 1 – пункты мЗСБ; 2 – значения сопротивления, Ом·м; 3 – положение рек и озер на профиле; 4 – предполагаемая граница льдистых многолетнемерзлых пород.

В свою очередь бугры пучения и озера ориентированы согласно простиранию известных линий геодинамических линейаментов и разломов в отложениях палеозоя.

Основным признаком наличия вертикальных каналов миграции углеводородов по 3D МОГТ является наличие вертикальных низкоскоростных аномалий, пронизывающих осадочный чехол. В плане вертикальные каналы миграции газа представляют собой аномальные кольцевые зоны, являющиеся кинематическими аномалиями сейсмической записи цилиндрической формы.

При сопоставлении данных МОГТ и ЗСБ в некоторых случаях отмечается, что вертикальным низкоскоростным аномалиям в сейсмическом разрезе соответствуют аномалии удельного электрического сопротивления (УЭС) (по ЗСБ), которые могут отождествляться с каналами миграции флюидов. В зависимости от стадии и длительности процесса миграции, каналы могут выделяться пониженным либо повышенным УЭС по данным ЗСБ.

Выводы

Проведенные исследования методом малоглубинных и глубинных зондирований, а также сопоставление их с результатами сейсморазведочных исследований 3D МОГТ, позволили изучить строение разреза под элементами рельефа и предположить их связь с глубинными флюидодинамическими процессами.

Исследование выполнено при поддержке РФФ (грант № 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.

Список литературы

1. *Bogoyavlensky V., Bogoyavlensky I., Nikonov R. et al.* New catastrophic gas blowout and giant crater on the Yamal Peninsula in 2020: Results of the expedition and data processing // *Geosciences*. 2021. V. 11. № 2. Art. 71. <https://doi.org/10.3390/geosciences11020071>
2. *Buldovicz S.N., Khilimonyuk V.Z., Bychkov A.Y. et al.* Cryovolcanism on the Earth: Origin of a spectacular crater in the Yamal Peninsula (Russia) // *Scientific Reports*. 2018. V. 8. Art. 13534. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31858-9>
3. *Leibman M.O., Kizyakov A.I., Plekhanov A.V., Streletskaya I.D.* New permafrost feature – deep crater in central Yamal (West Siberia, Russia) as a response to local climate fluctuations // *Geography environment sustainability*. 2014. V. 7. № 4. P. 68-79.
4. *Nezhdanov A.A., Smirnov A.S.* Fluid dynamic interpretation of seismic data: Tutorial. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2021. 286 p.