

## **Комплексная интерпретация геофизических методов для обнаружения флюидодинамических аномалий**

**Шелохов И.А.<sup>1,2,3,4</sup>, Буддо И.В.<sup>1,2,3,4</sup>, Мисюркеева Н.В.<sup>1,2,4</sup>, Смирнов А.С.<sup>4,5</sup>**

## **Integrated interpretation of geophysical methods for detection of fluid dynamic anomalies**

**Shelokhov I.A., Buddo I.V., Misyurkeeva N.V., Smirnov A.S.**

<sup>1</sup> Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск;

e-mail: sia@crust.irk.ru

<sup>2</sup> ООО СИГМА-ГЕО, г. Иркутск

<sup>3</sup> ФГБУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

<sup>4</sup> ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Рассмотрен вопрос применения современных геофизических методов для изучения флюидодинамических процессов. Комплекс геофизических методов состоит из метода отраженных волн общей глубинной точки и зондирования становлением поля в ближней зоне. Приведены примеры результатов исследований и дальнейшие направления развития.

### **Введение**

Флюидодинамические процессы – пространственное движение флюидов (газов и жидкостей различного химического состава). На севере Западной Сибири активность флюидодинамических процессов крайне высокая, миграция флюидов является высокосзначимой при формировании залежей углеводородов (УВ) и развитии зон аномально высоких пластовых давлений.

Изучение активности флюидодинамических процессов является принципиально важным как для целей поисков и разведки залежей углеводородов, так и повышения газобезопасности при обустройстве нефтегазовых промыслов и строительстве объектов инфраструктуры.

### **Объект исследований**

Прямым признаком миграции УВ являются их скопления над продуктивными залежами – в приповерхностной части разреза. Известно, что газ может находиться как в свободном состоянии, так и в виде газогидратов в толще многолетнемерзлых пород (ММП). Многолетнемерзлые породы являются экранами для небольших газовых залежей, а на глубинах в первые сотни метров содержат газогидратные скопления [1].

В литературе по анализу глубинной флюидомиграции по данным сейсмических наблюдений выделяют ряд индикаторов: столбообразные формы, нарушение непрерывности отражений и ослабление амплитуд, которые относятся к кинематическим и динамическим аномалиям сейсмической записи.

Объектом исследования в данной работе является один из участков Западной Сибири.

### **Методика исследований**

Одним из инструментов для выделения газовых труб является атрибут chimney. Chimney является результатом комбинации через искусственную нейронную сеть таких атрибутов, как кривизна, когерентность и дисперсия. В зависимости от решаемой задачи совокупность итоговых атрибутов может изменяться, но все они должны отражать структурные особенности волновой картины. Метод может быть применен для обнаружения путей миграции флюида, а также для обнаружения разломов, солевых тел и других сейсмических объектов [3].

Основными признаками субвертикальных каналов миграции УВ являются низкоскоростные аномалии в осадочном чехле, обнаруживаемые методом общей

глубинной точки (3D МОГТ). В плане вертикальные каналы миграции газа представляют собой аномальные кольцевые зоны, являющиеся кинематическими аномалиями сейсмической записи цилиндрической формы.

Информацию о проявлении следов глубинной дегазации в верхней части разреза возможно получить путем применения электроразведки методом зондирования становлением поля в ближней зоне в малоглубинной модификации (мЗСБ). Используя небольшие установки ЗСБ (размер генераторной петли 100×100 м, размер приемной петли 10×10 м), можно изучать геологический разрез до глубины 400-500 м в условиях Западной Сибири, что подтверждено опытом работ на ряде месторождений углеводородов [5]. По данным мЗСБ возможно выделение и оконтуривание зон распространения многолетнемерзлых пород и определение их мощности. Фиксируются изменения параметров ММП, неоднородности в зонах распространения ММП, определяется характер распространения мерзлоты: сплошной, прерывистый, островной. Также по результатам электроразведочных работ мЗСБ возможно картирование зон распространения таликов и каналов миграции газа (рисунок) [4].

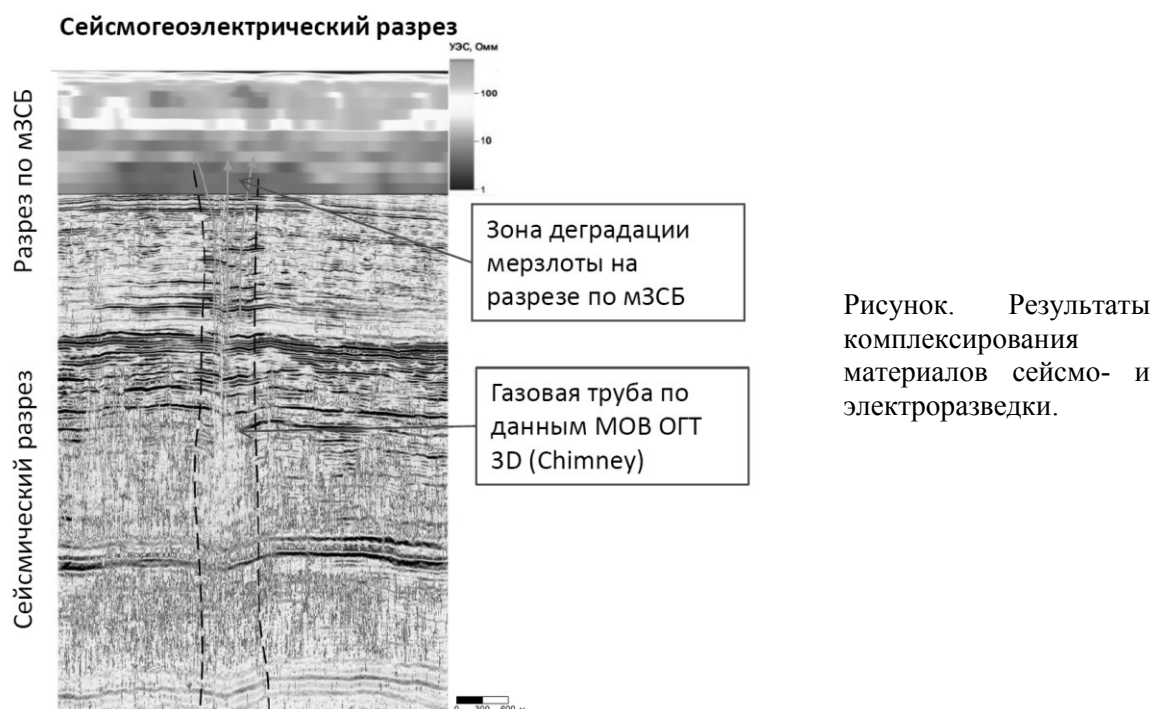


Рисунок. Результаты комплексирования материалов сейсмо- и электроразведки.

Методика интерпретации материалов зондирований становлением поля в ближней зоне заключается в проведении 1D инверсии (решении обратной задачи электроразведки) в рамках незакрепленного структурного каркаса, с вариацией как удельного электрического сопротивления, так и мощности слоев [2]. Инверсия производилась в автоматическом режиме с применением технологии распределенных вычислений, что позволило выполнить значительное количество вычислений в приемлемые сроки. В итоге были получены геоэлектрические модели, состоящие из 15-16 слоев, мощность которых увеличивается с глубиной. Полученные модели были объединены в 3D-куб УЭС.

Результаты инверсии мЗСБ были сопоставлены с материалами бурения в верхней части разреза, цифровой моделью рельефа, что позволило увязать слои геоэлектрической модели со стратиграфией и литологией. На геоэлектрических разрезах, на абсолютных отметках от -70 до -400 м и глубже наблюдаются вертикальные геоэлектрические аномалии, пронизывающие толщу осадочных пород. По геоэлектрическим характеристикам аномалии характеризуются как пониженными 5-10 Ом·м, так и высокими значениями сопротивления 40-100 Ом·м (рисунок).

Выделенные зоны отождествляются с субвертикальными либо наклонными зонами неоднородностей в разрезе, по которым, по-видимому, могли поступать углеводороды из продуктивных горизонтов в верхнюю часть разреза [4].

В заключение можно сделать вывод, что комплекс сейсмических и электроразведочных методов позволяет детектировать возможные зоны разуплотнения в осадочном чехле, которые, в свою очередь, можно ассоциировать с миграцией флюидов.

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. Мурзина Е.В., Поспеев А.В., Буддо И.В. и др. Возможности малоглубинных нестационарных электромагнитных зондирований для выделения газогидратных скоплений в криолитозоне северных регионов Западной Сибири // Криосфера Земли. 2022. Т. XXVI. № 2. С. 51-62.
2. Поспеев А.В., Буддо И.В., Агафонов Ю.А. и др. Современная практическая электроразведка. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2018. 231 с.
3. Meldahl P., Heggland R., Bril A., de Groot P. Identifying fault and gas chimneys using multi-attributes and neural networks // The Leading Edge. 2001. May. P. 474-482.
4. Misyurkeeva N., Buddo I., Kraev G. et al. Periglacial landforms and fluid dynamics in the permafrost domain: a case from the Taz Peninsula, West Siberia // Energies. 2022. V. 15. Art. 2794. <https://doi.org/10.3390/en15082794>
5. Rybalchenko V.V., Trusov A.I., Buddo I.V. et al. Integrated auxiliary studies at the stages of petroleum field prospection and development: From permafrost mapping to groundwater exploration for drilling and operation // Gazovaya Promyshlennost. 2020. V. 807. P. 68-76.