

ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УЙМОНСКОЙ ВПАДИНЫ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНОЙ ГЕОЭЛЕКТРИКИ

Айдиса Михайловна Санчаа

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)330-49-54, e-mail: SanchaaAM@ipgg.sbras.ru

Нина Николаевна Неведрова

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, доцент, тел. (913)890-26-45, e-mail: NevedrovaNN@ipgg.sbras.ru

Илья Олегович Шапаренко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. (952)926-25-83, e-mail: ShaparenkoIO@ipgg.sbras.ru

Александр Евгеньевич Шалагинов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник; Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, доцент, тел. (913)788-91-31, e-mail: ShalaginovAE@ipgg.sbras.ru

Сергей Михайлович Бабушкин

Сейсмологический филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, зам. директора филиала, тел. (383)333-32-28, e-mail: bab@gs.sbras.ru

В статье представлены результаты исследований геоэлектрического строения Уймонской впадины Горного Алтая с использованием комплекса методов геоэлектрики, в который входят: электротомография, вертикальные электрические зондирования, зондирования становлением электромагнитного поля. По данным комплекса получены приповерхностные и глубинные геоэлектрические характеристики осадочного заполнения, впервые построена блоковая модель фундамента впадины.

Ключевые слова: Уймонская впадина, Горный Алтай, электротомография, вертикальные электрические зондирования, зондирования становлением электромагнитного поля, геоэлектрическое строение.

GEOELECTRIC STRUCTURE OF THE UIMON BASIN ACCORDING TO GROUND GEOELECTRIC

Aidisa M. Sanchaa

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptuyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Leading Researcher, phone: (913)920-17-48, e-mail: SanchaaAM@ipgg.sbras.ru

Nina N. Nevedrova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Associate Professor, Leading Researcher; Novosibirsk National Research State University, 2, Pirogova St., Novosibirsk, 630073, Russia, Associate Professor, phone: (913)890-26-45, e-mail: NevedrovaNN@ipgg.sbras.ru

Ilya O. Shaparenko

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Junior Researcher, phone: (952)926-25-83, e-mail: ShaparenkoIO@ipgg.sbras.ru

Aleksandr E. Shalaginov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Senior Researcher; Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marx St., Novosibirsk, 630073, Russia, Associate Professor, phone: (913)788-91-31, e-mail: ShalaginovAE@ipgg.sbras.ru

Sergey M. Babushkin

Seismological Branch of Federal Research Center «United Geophysical Survey RAS», 3, Prospect Akademik Koptyug, Novosibirsk, 630090, Russia, Deputy Director of Seismological Branch, phone: (383)333-32-28, e-mail: bab@gs.sbras.ru

The article presents the results of studies of the geoelectric structure of the Uimon depression of the Gorny Altai using the complex of geoelectric methods, which includes electromography, vertical electrical sounding and transient electromagnetic sounding. According to the data of the complex, the near-surface and deep geoelectric characteristics of sedimentary filling were obtained.

Key words: Uimon depression, Gorny Altai, electromography, vertical electrical sounding, transient electromagnetic sounding, geoelectric structure.

Межгорные впадины являются основными морфотектоническими элементами структуры Горного Алтая. Их внутреннее строение важно для понимания неотектонической истории региона, а также для оценки сейсмической опасности.

Уймонская впадина относится к наиболее крупным алтайским впадинам, но при этом мало изучена. На её территории в 60-90 гг. прошлого века пробурены неглубокие (до 110 м) поисковые и гидрогеологические скважины, которые вскрыли лишь четвертичные отложения, поэтому необходимо привлечение геофизических методов.

В 2011 году сотрудниками лаборатории электромагнитных полей ИНГГ СО РАН для изучения внутреннего строения в Уймонской впадине впервые был привлечен комплекс разноглубинных электромагнитных методов, который включал зондирования становлением поля (ЗС), вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) и электротомографию (ЭТ). Далее в 2012 и 2017 гг. были добавлены измерения методами ЗС и ЭТ в центральной и южной частях котловины. Расположение пунктов всех использованных методов показано на рис. 1. Отсутствие измерений в пределах северо-западного участка связано с сельскохозяйственными посадками местных предпринимателей.

Уймонская впадина

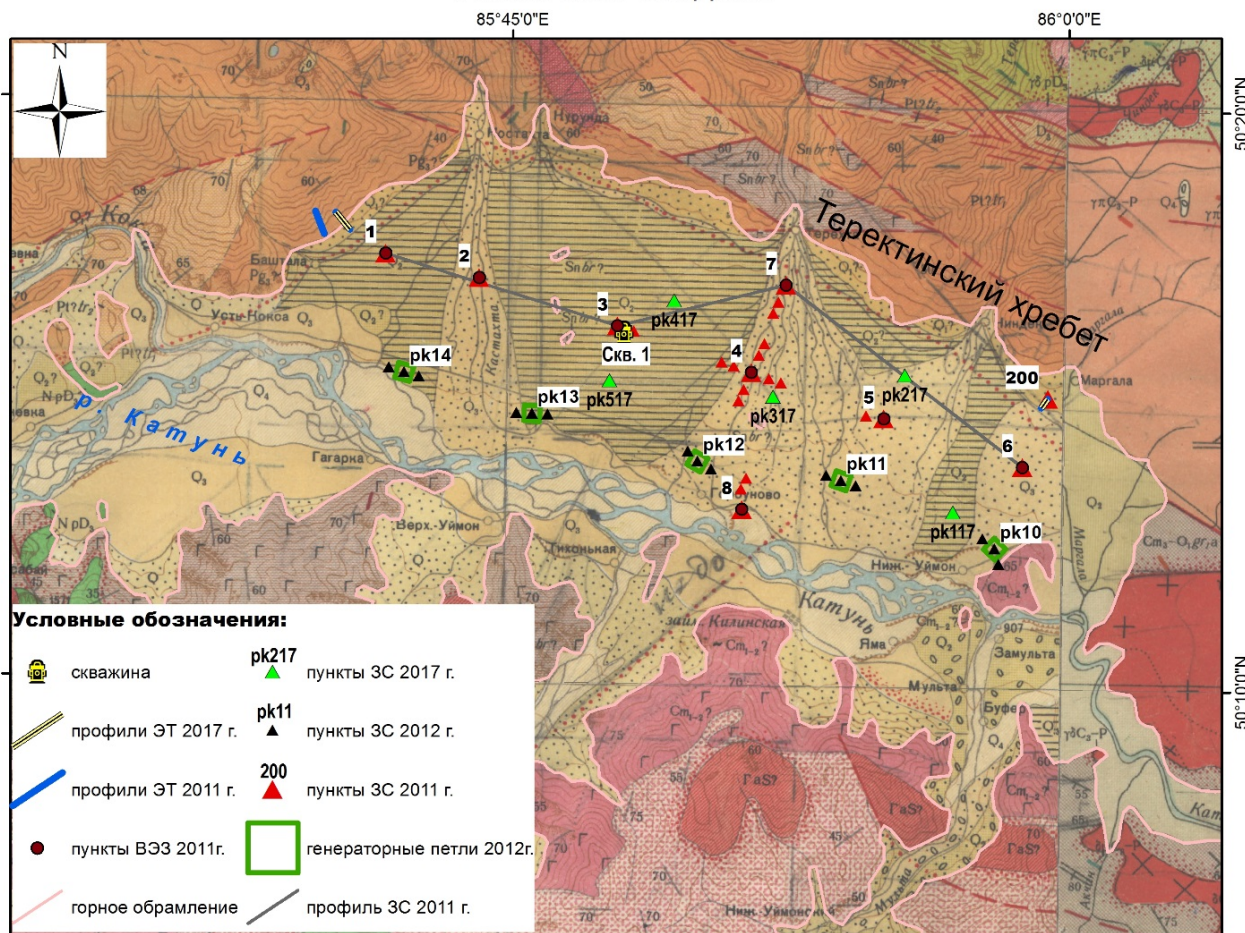


Рис. 1. Схема расположения пунктов измерений в Уймонской впадине

Представление о геоэлектрическом разрезе самой верхней части осадочных отложений получено по данным метода электротомографии с использованием станции «Скала-48», разработанной в ИНГГ СО РАН. Работы выполнены с установкой Шлюмберже с шагом между электродами в 5 м.

На рис. 2 показаны геоэлектрические разрезы по одному и тому же профилю электротомографии за разные годы (2011 и 2017 гг.), построенные в программе Res2dinv [1]. Измерения по профилю были выполнены на границе с северо-западным горным обрамлением впадины в районе пос. Баштала с целью изучения зоны перехода от первых тектонических уступов к осадочному заполнению котловины. По геологическим данным профиль пересекает несколько тектонических уступов, выраженных в рельефе, которые отражаются в разрезах ЭТ более высокоомными зонами, низкоомные участки разреза связаны по априорным данным с имеющимися разломными зонами, отчасти обводненными серией мелких источников. Повторные измерения отражают предположительно неустойчивый дебит этих водных источников, так как расположение обводненных интервалов разреза практически не изменилось, а их электрическое сопро-

тивление повысилось в несколько раз, особенно в юго-восточной части на отметках по профилю 370-600 метров.

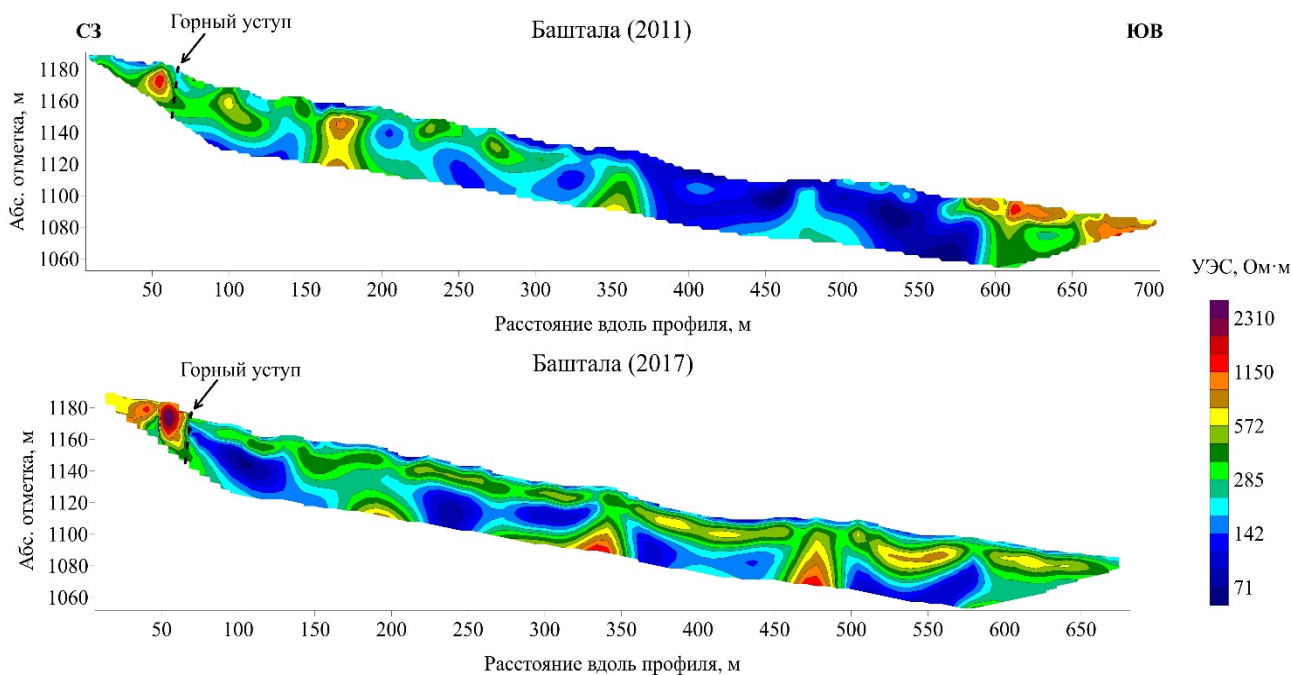


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы по профилям электротомографии

Измерения методом ВЭЗ проводились установкой Шлюмберже с полуразносами питающей линии от 1.5 до 1000 м и были выполнены в 2011 г. в тех же пунктах, что и ЗС с целью более детально расчленить верхнюю часть разреза в среднем до глубины 300 м в зависимости от геоэлектрических характеристик горных пород. Интерпретация материалов выполнена в программе ZondIP [2].

Наибольший объем измерений осуществлен самым глубинным методом ЗС в двух модификациях (соосные и разнесенные петли). Сторона квадратных генераторных петель составляла 500 и 250 м, а измерительных – 200 и 100 м, разнос для законтурных наблюдений изменялся от 600 до 1000 м. Уже на этапе первичной обработки анализ кривых ЗС показал, что впадина имеет сложное блоковое строение. Часть кривых особенно с разнесенными установками искажена как приповерхностными, так и глубинными неоднородностями. Интерпретация кривых ЗС выполнялась в программе EMS, разработанной в ИНГГ СО РАН [3,4], с привязкой к данным ВЭЗ, сопоставлением геоэлектрических моделей обоих методов.

С целью изучения и расчленения кайнозойских отложений Уймонской впадины в 2013 году специалистами ОАО «Горно-Алтайская экспедиция» была пробурена скважина на участке Усть-Коксинской площади на основе анализа наших материалов о строении Уймонской котловины [5]. Устье скважины разместили в 200 м от пикета ЗС 3, который расположен ближе к центру впадины, и по его данным была получена наименьшая мощность осадочного чехла. Забой

скважины достиг 400 м. Из геофизических исследований скважин были проведены ГК, КС, ПС.

Обобщенная стратиграфическая колонка скважины представлена в таблице (на основе данных из [6]). На рис. 3 показана кривая ЗС 3 и геоэлектрическая модель, полученная в результате инверсии полевых данных. Сопоставление скважинных и геоэлектрических данных свидетельствует об их хорошем согласовании. В разрезе по скважине выделяется маломощный приповерхностный горизонт и далее мощный второй слой с преобладающим содержанием валуников и галечников, соответствующий третьему горизонту геоэлектрической модели с высокими значениями УЭС (2000 Ом·м). Глубина до кровли алевроглинистых отложений озерной туерыкской свиты по данным геоэлектрики составляет 345 м, УЭС свиты равно 28 Ом·м, скважиной эти отложения вскрыты на отметке немногим более 339 м. Отличия для самых верхних тонких слоев связаны с расстоянием от скважины до пункта ЗС в 200 м, на котором их крайне неоднородный литологический состав и неустойчивая мощность может существенно влиять на геоэлектрические характеристики.

Геологический разрез скважины № 1

| № пп | Описание пород | | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|------|--|------------------------|-------------------------|------------------|
| 1 | Озерно-ледниковые (?) отложения: Переслаивание глин, галечников, песков | lgQ _{III} | 23 | 23 |
| 2 | Ледниковые, флювиогляциальные и аллювиальные (?) отложения нерасчлененные: Переслаивание валунного галечника, гравия, валунника, песка, | g, f, aQ _{II} | 207 | 184 |
| 3 | Аллювиальные и пролювиальные (?) отложения башкаусской свиты: Переслаивание гравия, валунника, валунного галечника, песка, галечника | a, pQ _{IIbs} | 297 | 90 |
| 4 | Озерно-аллювиальные (?) отложения бекенской свиты: Переслаивание глины, галечника, песка галечно-гравийного | laQ _{Ibk} | 339 | 42 |
| 5 | Озерные отложения туерыкской свиты: Алеврит, глина | N _{1-2tr} | 400 | 61 |

Карта глубин до фундамента Уймонской впадины построена с учётом всех данных ЗС с соосной установкой за 2011, 2012 и 2017 гг. (рис. 4). Соосные установки, имеющие высокую локальность, позволяют в условиях межгорной впадины получить наиболее качественный полевой материал.

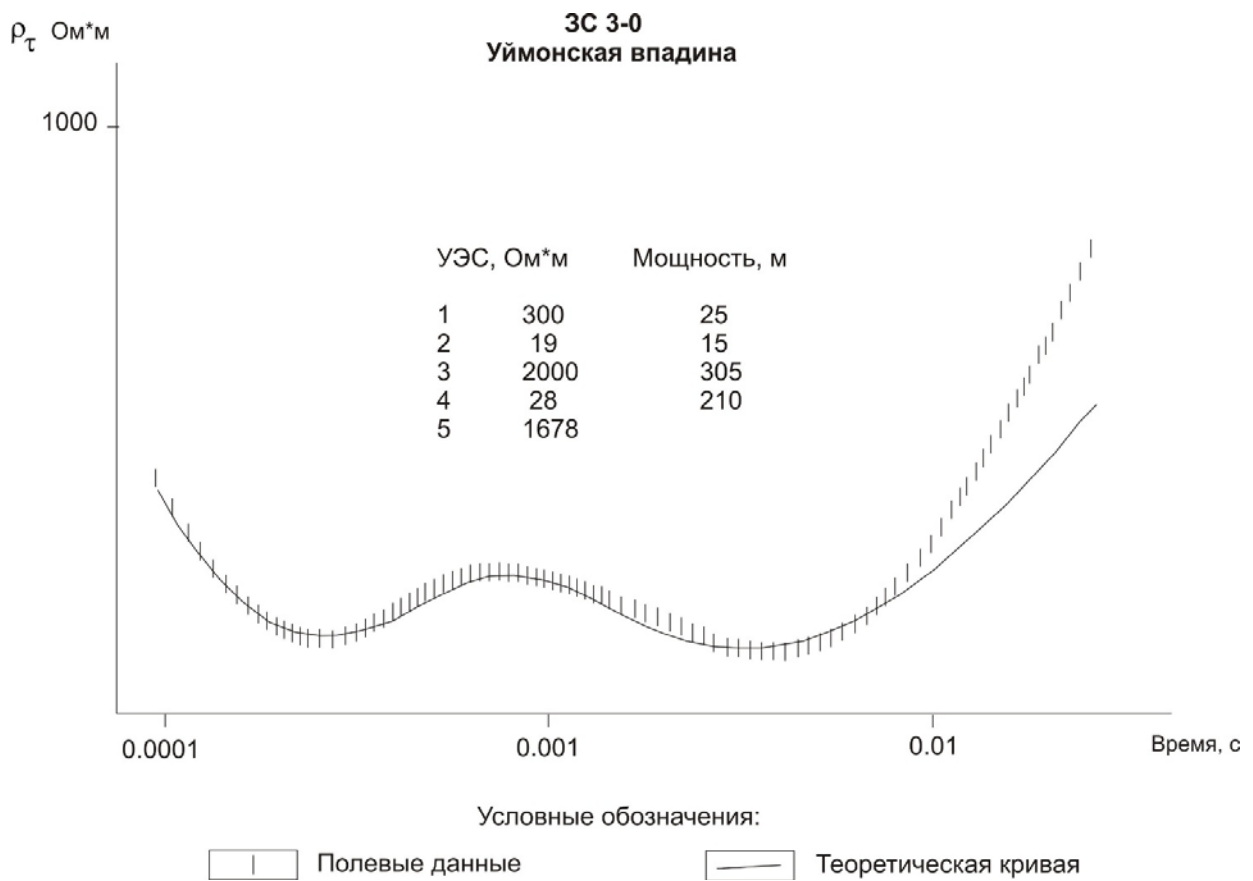


Рис. 3. Кривая ЗС 3 и геоэлектрическая модель

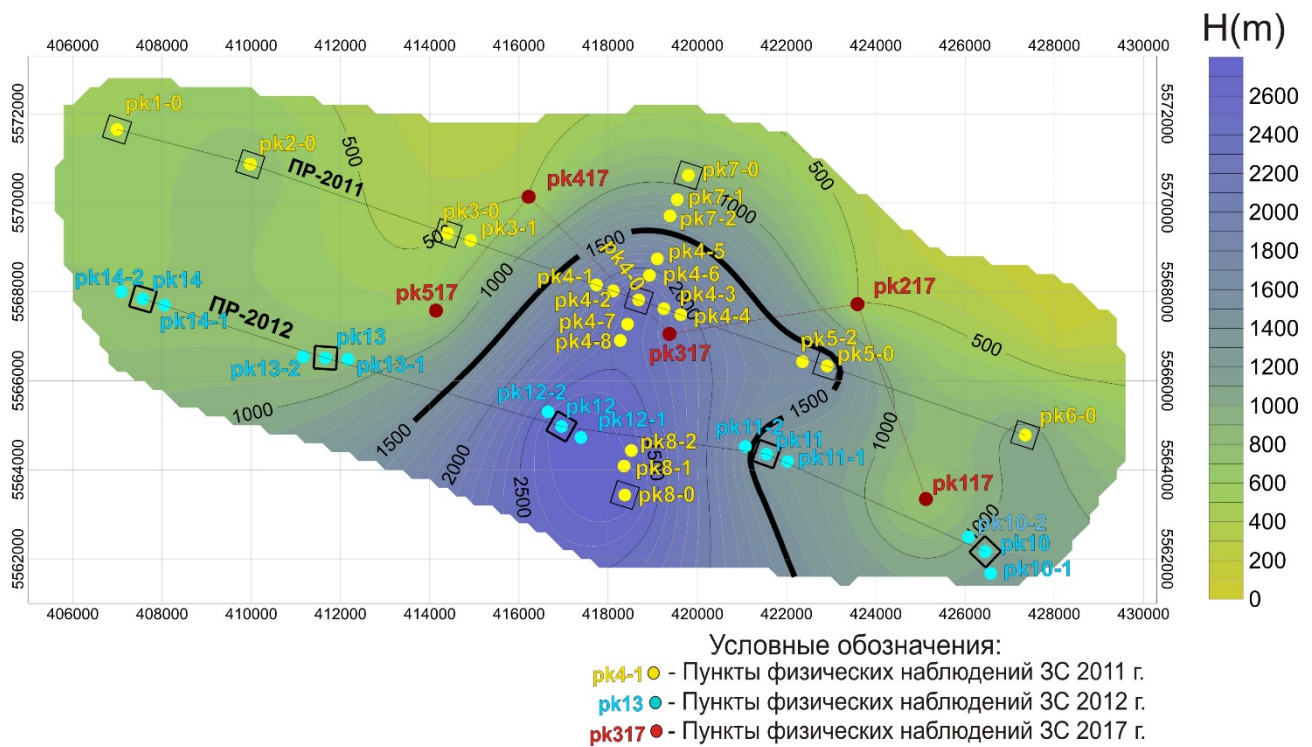


Рис. 4. Карта глубин до фундамента Уймонской впадины по полевым данным ЗС 2011, 2012 и 2017 гг.

По карте видно, что в центральной части участка исследования выделяется вытянутая практически с севера на юг область прогиба фундамента, ограниченная предполагаемыми разломными зонами. Наибольшие глубины прогиба смещены к южному борту впадины.

Созданная сеть наблюдений позволила построить блоковую 3D модель поверхности фундамента (рис. 5). Судя по рисунку, в области прогиба наблюдается несколько погруженных блоков, кровля которых находится на разных высотных отметках. Подтверждением блокового строения являются закартированные палеосейсмологическими методами сейсмодислокации, связанные с сильными древними землетрясениями.

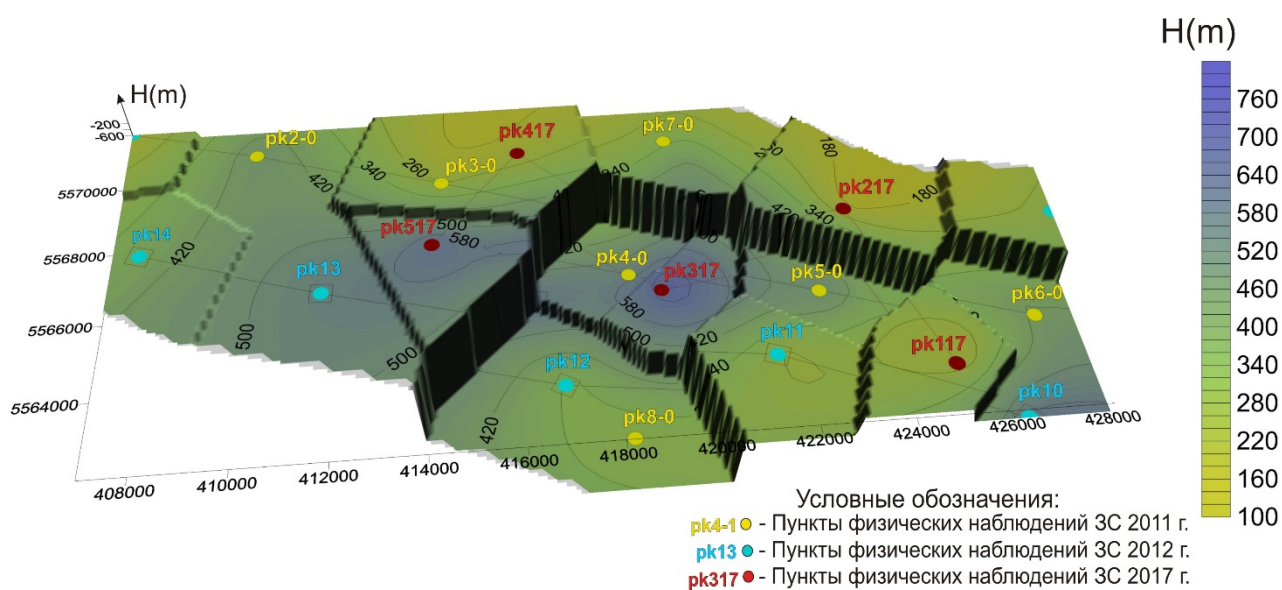


Рис. 5. Блоковая 3D модель кровли фундамента

Выводы

В настоящее время Уймонская впадина практически асейсмична, но построенная по результатам интерпретации электромагнитных данных модель поверхности фундамента позволяет сделать вывод о сложных тектонических движениях в этом районе Горного Алтая в прошлом, которые привели к блоковому строению впадины. Максимальная глубина до фундамента составляет 2500 м. Строение этой впадины существенно отличается от Чуйской и Курайской депрессий, которые ограничены предгорными прогибами с севера и юга. В Уймонской котловине глубокий прогиб сложной конфигурации наблюдается практически в центральной и восточной её части.

Работа выполнена при поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0015 «Реалистичные теоретические модели и программно-методическое обеспечение геоэлектрики гетерогенных геологических сред».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каминский А. Е. Программа ZondIP. URL: <http://zond-geo.com>
2. Система интерпретации данных зондирований методом переходных процессов EMS / Хабинов О.Г., Чалов И.А., Власов А.А., Антонов Е.Ю. // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 2. Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых: сб. материалов V Международного научного конгресса (Новосибирск, 20-24 апреля 2009 г.). – 2009. – С. 108-113.
3. Эпов М.И., Дашевский Ю.А., Ельцов И.Н. Автоматизированная система интерпретации электромагнитных данных / Препринт 3, Изд-во Института Геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, 1990.
4. Loke M.H. Geotomo Software Pty Ltd. 2015. Available from: <http://www.geotomosoft.com>.
5. Новые данные о строении Уймонской впадины (Горный Алтай) / Деев Е.В., Неведрова Н.Н., Русанов Г.Г., Санчаа А.М., Бабушкин С.М., Кречетов Д.В., Ельцов И.Н., Зольников И.Д. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2012, №1 (9), С.15-23.
6. Опорный разрез неоген-четвертичных отложений в Уймонской впадине (Горный Алтай) / Русанов Г.Г., Деев Е.В., Зольников И.Д., Хазин Л.Б., Хазина И.В., Кузьмина О.Б. // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58. – № 8. – С. 1220-1233

© А. М. Санчаа, Н. Н. Неведрова, И. О. Шапаренко,
А. Е. Шалагинов, С. М. Бабушкин, 2019