

## **ТЕПЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ В РАЙОНЕ «БОЕВОЙ» СКВАЖИНЫ 104 СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**

### ***Виталий Владимирович Романенко***

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» Национального ядерного центра Республики Казахстан, 071100, Республика Казахстан, г. Курчатов, ул. Красноармейская, 2, начальник группы полевых исследований, тел. (72251)23413, e-mail: Romanenko@nnc.kz

### ***Дмитрий Евгеньевич Аюнов***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-25-91, e-mail: AyunovDE@ipgg.sbras.ru

### ***Альберт Дмитриевич Дучков***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)330-25-91, e-mail: DuchkovAD@ipgg.sbras.ru

### ***Сергей Алексеевич Казанцев***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-25-91, e-mail: KazantsevSA@ipgg.sbras.ru

Приводятся результаты температурных наблюдений в районе эпицентра «боевой» скважины 104. На участке фиксируется изменение температурного режима за период 2010–2017 гг. Наблюдения показывают сложное пространственное распределение температуры подземных вод, выделяются более прогретые зоны, отмечается тенденция увеличения температуры в разрезе при приближении к «боевой» скважине.

**Ключевые слова:** температурный мониторинг, температурный градиент, подземные воды, Семипалатинский полигон, подземный ядерный взрыв, температурные аномалии.

## **HEAT FEATURES AT THE SPOT OF «WARFARE» BOREHOLE 104 OF SEMIPALATINSK TEST SITE**

### ***Vitaliy V. Romanenko***

«Institute of Radiation Safety and Ecology», branch of the Republican State Enterprise «National Nuclear center of the republic of Kazakhstan», 071100, Kazakhstan, Kurchatov, 2 Krasnoarmeyskaya St., Team leader of field research group, tel. (72251)23413, e-mail: Romanenko@nnc.kz

### ***Dmitry E. Ayunov***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Senior Researcher, tel. (383)330-25-91, e-mail: AyunovDE@ipgg.sbras.ru

### ***Albert D. Duchkov***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, D. Sc., Chief Researcher, tel. (383)330-25-91, e-mail: DuchkovAD@ipgg.sbras.ru

*Sergey A. Kazantsev*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Senior Researcher, tel. (383)330-25-91, e-mail: KazantsevSA@ipgg.sbras.ru

The results of temperature observations in the spot of «warfare» borehole 104. Recorded changes in temperature at the spot for the period 2010-2017. Observations show complicated temperature distribution of underground water. More warmed zones are distinguished. There was a trend of increasing temperature when approaching to the «warfare» borehole.

**Key words:** temperature monitoring, gradient, groundwater, Semipalatinsk test site, an underground nuclear explosion, temperature anomalies.

В результате многолетней деятельности Семипалатинского испытательного полигона (СИП) унаследована значительная экологическая проблема, связанная с последствиями проведения подземных ядерных испытаний (ПЯВ). Участки эпицентральных зон могут быть в полной мере отнесены к зонам экологического бедствия, поскольку являются хранилищами радиоактивных материалов с разрушенной геологической средой. Кроме неконтролируемого распространения радионуклидного загрязнения из очаговых зон, потенциальную опасность для окружающей среды представляют также выходы токсичных и горючих газов в атмосферу, являющиеся следствием современных геодинамических и природно-техногенных процессов (разуплотнение в разломных зонах, обрушение полостей, оседание территории, провалы).

Для выявления особенностей геоэкологической обстановки на приустьевых площадках «боевых» скважин организованы комплексные исследования на территории бывших испытательных площадок, где проводились ПЯВ – площадки «Балапан» и «Сары-Узень», расположенных на территории СИП. Работы направлены как на оценку текущей, так и на возможный прогноз геоэкологических процессов [1].

Одним из направлений по исследованиям долговременных поствзрывных процессов являются наблюдения за термальной активностью подземных вод в местах расположения эпицентров ПЯВ. Аномалии температуры и ее динамика в районах ПЯВ могут отражать остаточную активность процессов, инициированных подземными ядерными испытаниями. В данной работе приводятся результаты таких исследований на территории приустьевой площадки «боевой» скважины 104 испытательной площадки «Сары-Узень». Участок скважины 104 характеризуется струйной газопроницаемостью горных пород по имеющимся ослабленным структурам, которые в результате способствуют вертикальной миграции газов и образованию на дневной поверхности газовых аномалий в почвенном воздухе, а также изменению температурного режима участка.

«Боевая» скважина 104 расположена в центральной части площадки «Сары-Узень». ПЯВ в скважине произведен 21.07.1970 года. Заряд мощностью до 20 кт был заложен на глубине 225 м в песчаниках осадочно-вулканогенной толщи [2–4]. Согласно данным [5], в радиусе 200–250 м от расположения устья

скважины выявлена обширная зона техногенной трещиноватости в фундаменте, которая просматривается в интервале от кровли фундамента до отметки порядка 550 м. При этом ослабленные зоны имеют ограниченное распространение в радиусе не более 200–300 м. Результатами подтверждается, что наличие данных зон обусловлено деструктивным действием ПЯВ. Пространство, прилегающее к эпицентру ПЯВ, является зоной, сложенной трещиноватыми породами. По результатам поверхностной тепловой и атмохимической съемок фиксируются выходы газовых и нагретых флюидов.

Для исследования активности долговременных поствзрывных процессов исследовались температурные вариации в гидрогеологической скважине 104/4 (рис. 1), расположенной на краю воронки от взрыва «боевой» скважины 104. В скважине была установлена автономная станция температурного мониторинга [6] с расстановкой 9-и датчиков до глубины 43.1 м в период с 05.06.13 по 23.09.15. В этот период наблюдается стабильный температурный режим (рис. 2).

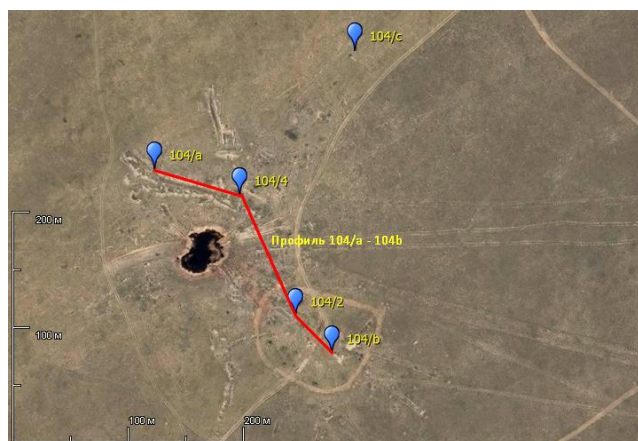


Рис. 1. Схема расположения исследовательских скважин возле «боевой» скважины № 104 на площадке «Сары-Узень»

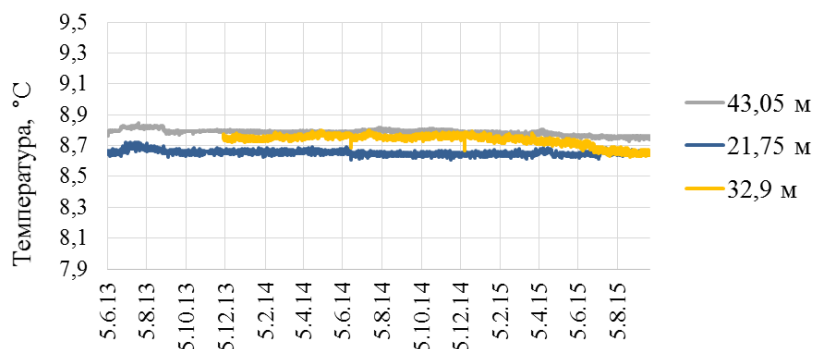


Рис. 2. Температуры нижних датчиков в скв. 104/4 на площадке «Сары-Узень» за период 5.06.2013–23.09.2015

С 23.09.15 косу удалось заглубить до 60.8 м. В период наблюдений с сентября 2015 по апрель 2016 г. данные показали стационарную температуру на глубинах 60.8 м, составившую 8.95 °С. Однако, если сравнивать с данными температурного каротажа 2010 года, температура на глубине 60 м тогда составляла 9.52 °С.

На рис. 3 обобщены каротажные и мониторинговые данные по температуре на глубине 43 м (ниже глубины годового теплообмена). Здесь мы наблюдаем относительно резкое понижение температуры с 9.16 °С до 8.83 °С в 2010–2012 гг. В дальнейшем понижение происходит с меньшей интенсивностью, к 2015 году температура составляет 8.76 °С. Таким образом, можно предположить, что за период с 2010 по 2015 г. на участке произошло изменение температурного режима, при этом новый режим вышел на относительную стабильность.

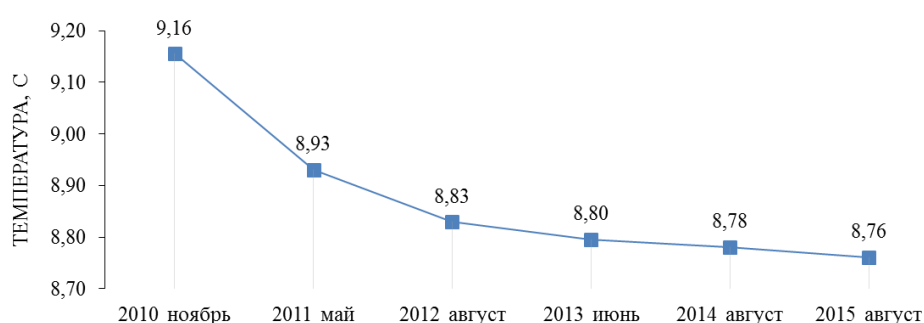


Рис. 3. Динамика температуры в скважине 104/4 на глубине 43 м за 2010-2017 гг.

В исследовательских скважинах 104/б, 104/с, 104/2, 104/4 (рис. 1) проводились температурный каротаж (рис. 4) в 2013–2014 гг. и повторные измерения в 2015 году, подтвердившие предыдущий результат.

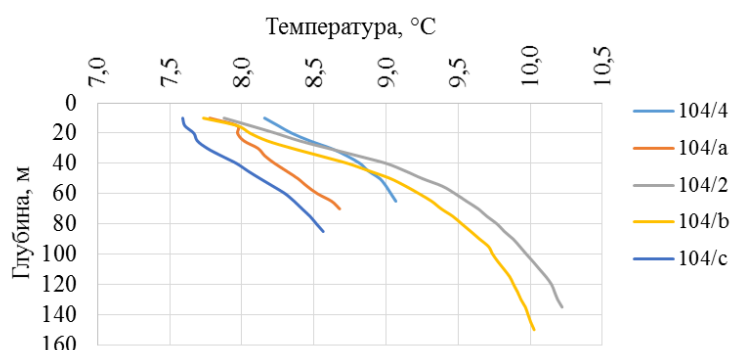


Рис. 4. Температура в исследовательских скважинах в районе «боевой» скважины № 104 на площадке «Сары-Узень» в 2015 году

Исследованный юго-восточный сектор от «боевой» скважины характеризуется большей прогремостью (рис. 5) и выделяется относительно большими температурными градиентами в интервале 40–60 (таблица). Область наиболее высоких температур подземных вод наблюдается в районе скважины 104/2, расположенной в 140 м к юго-востоку от воронки. В ней температура на 40 м (глубина годового теплообмена) составила 9.0 °С (для 104/с и 104/а она составляет 7.78 и 8.24 °С), а температура на глубине 60 м на 1.25 °С выше температуры относительно наиболее холодного участка, характеризуемого скважиной 104/а. В скважинах северного сектора в интервале глубин 40–70 м градиенты в скважинах 104/2 и 104/б выделяются значениями в 14 мК/м на фоне 8–10 мК/м (см. таблицу). Также в секторе наблюдается понижение температуры в разрезе по мере удаления от «боевой» скважины (см. скважины 104/4, 104/а и 104/с на рис. 1). В обоих секторах можно говорить о наличии горизонтальной составляющей температурного градиента.

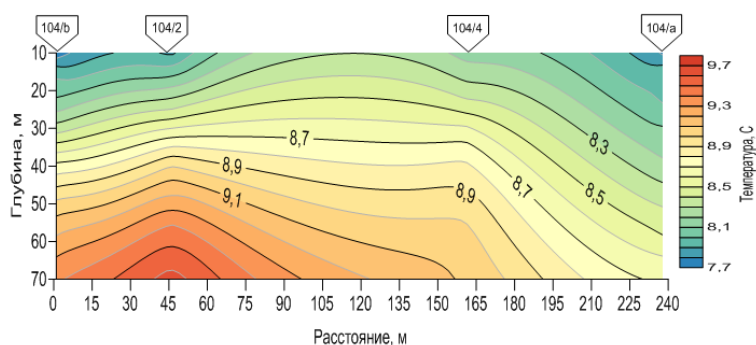


Рис. 5. Распределение температур в профиле скважин 104/б–104/а

Таблица

Температурный градиент в исследовательских скважинах

Градиент (диапазон глубин)	Скважина				
	104/4	104/а	104/2	104/б	104/с
G <sub>1</sub> , мК/м (40–60 м)	11	15	24	26	17
G <sub>2</sub> , мК/м (ниже 60 м)	8	10	14	14	10
	(60–65 м)	(60–70 м)	(60–85 м)	(60–85 м)	(60–85 м)
G <sub>3</sub> , мК/м (100–135 м)	-	-	7	7	-

Таким образом, на участке вокруг «боевой» скважины 104 СИП имеет место весьма неравномерное распределение температурного поля, выделяются более прогретые участки, отмечается тенденция увеличения температуры в разрезе при приближении к «боевой» скважине. Температурные наблюдения позволяют утверждать, что пространство, прилегающее к эпицентру ПЯВ, является зоной активных тепловых процессов, которые обусловлены пространственным

распределением области разрушения горной породы в результате ПЯВ и передвижением по ним теплых флюидов. Фиксируемые тепловые аномалии мы склонны относить к долговременным поствзрывным процессам, природа которых может объясняться или остаточным теплом от ПЯВ, или изменением гидрологического режима, например, вследствие притока более теплых вод из более глубоких горизонтов по разуплотненному межблочному веществу.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шайторов В.Н. Геоэкологическое районирование территории СИП по геолого-геофизическим данным (на примере участков “Балапан” и “Сары-узьень”) // Вестник НЯЦ. – 2013. – Вып. 54. – 178 с.
2. Ядерные испытания СССР / Под ред. В.Н. Михайлова. – М.: ИздАТ, 1997. – 304 с.
3. Семипалатинский полигон: хронология подземных ядерных взрывов и их первичные радиационные эффекты (1961–1989 гг.) / В.В. Горин, Г.А. Красилов и др. // Бюлл. Центра общественной информации по атомной энергии. Спецвыпуск. № 9. – М.: ЦНИИАтоминформ, 1993.
4. Бочаров В.С., Зеленцов С.А., Михайлов В.Н. Характеристики 96 подземных ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне // Атомная энергия. – 1989. – Т. 67.
5. Шайторов В.Н., Беяшов А.В. Геоэкологическое моделирование очаговых зон ПЯВ // Вестник НЯЦ. – 2013. – Вып. № 54. – 178 с.
6. Дучков А.Д., Казанцев С.А., Соколова Л.С. Автономный мониторинг температуры геологических объектов: аппаратура и результаты // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов: тез. докл. 5 Междунар. симпозиума (г. Бишкек, 19–24 июня 2011 г.). В 2 т. – 2011. – Т. 2. – С. 23–30.

© В. В. Романенко, Д. Е. Аюнов, А. Д. Дучков, С. А. Казанцев, 2017