

УДК 550.837.3.621.039.9 (24)

## ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ СТРУКТУР МЕТОДАМИ КАЖУЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Апенько А.В., Пестов Е.Ю., Романов А.М.

*Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан*

Проведен анализ кольцевых и линейных зон пониженного электрического сопротивления (КС) на участках подземных ядерных взрывов (ПЯВ) Семипалатинского испытательного полигона, выявленных полевыми съемками, и установлено их отличие от распределений КС на участках, удаленных от мест проведения ПЯВ. Линейные зоны пониженных значений КС отнесены к проявлениям геологических разломов, подновленных ядерными взрывами, кольцевые зоны – к разрушениям, образованным в результате локального механического воздействия ПЯВ на вмещающие породы. Линейные и кольцевые зоны отнесены к техногенным структурам. Установлено, что техногенные зоны имеют существенно большую контрастность и ширину, по сравнению с проявлениями природных зон разломов, удаленных от очагов ПЯВ. Приведенная интерпретация геоэлектрических особенностей не противоречит имеющимся геологическим представлениям и может использоваться при изучении потоков вод и оценке радиационной опасности в недрах на участках ПЯВ.

Наличие вод, которое прямо зависит от пористости и трещиноватости пород, оказывает существенное влияние на удельное электрическое сопротивление горных пород. Чем больше содержание вод в горных породах, тем меньше их совместное значение электрического сопротивления. Так, например, наименьшим удельным электрическим сопротивлением (единицы – первые десятки Ом м) характеризуются обводненные пески и глины, пористость которых может достигать 30–40 %. Наибольшее сопротивление (десятки тысяч Ом м) свойственно скальным массивам, не затронутых трещиноватостью или с трещиноватостью, залеченной кварцем и карбонатами. Открытые трещины, заполненные водой, имеют существенно меньшее сопротивление по сравнению с массивной частью скальных образований. Это создает предпосылку для выявления разрывных нарушений электроразведкой методами кажущегося электрического сопротивления.

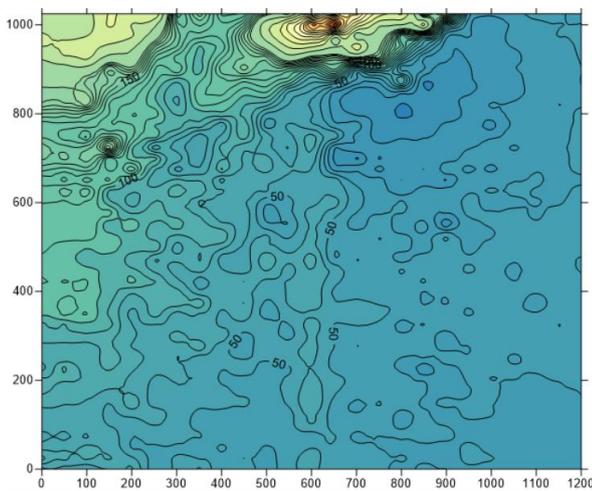


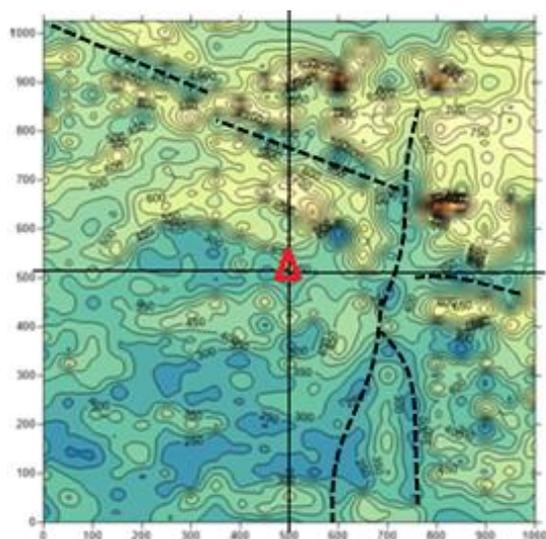
Рисунок 1. Пример распределения значений КС на участке с повышенной мощностью рыхлых отложений на удалении от ПЯВ

При наличии чехла рыхлых отложений мощностью более 0,5 м отдельные трещинные зоны в коренных породах электроразведочной съемкой на дневной поверхности практически не выделяются. Примером является распределение значений КС на участке (площадка Балапан), перекрытом мощным (до 50 м) слоем рыхлых отложений и удаленном от мест проведения подземных ядерных взрывов (ПЯВ) на расстояние более 1 км (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, только на периферической части участка, где мощность рыхлых отложений уменьшена, выявляются линейные структуры по контактам высокоомных и низкоомных пород. Однако системы сближенных открытых трещин, свойственные зонам крупных разломов, могут быть выявлены по результатам электроразведочных работ методами КС даже при наличии чехла рыхлых отложений.

На участках проведения ПЯВ в результате интенсивного механического воздействия на массив горных пород, как показывает сейсморазведка методом дифрагированно рассеянных волн [1], формируются кольцевые структуры, подновляются природные разломы, возникают техногенные разломы. Для изучения возможностей, помимо сейсморазведки, других геофизических методов, на площадке Балапан Семипалатинского испытательного полигона проведены электроразведочные съемки методом срединного градиента по 16 участкам (до 830 точек замеров на каждом участке). На рисунке 2 приведен пример площадной электроразведочной съемки методом срединного градиента по участку скважины № 1067.

Как следует из рисунка 2, проявляется серия линейно вытянутых понижений КС. Протяженность их достигает 600–700 м, а ширина 20–50 м. Эти понижения интерпретируются как зоны интенсивного «подновления» имеющихся геологических разломов различных направлений. Подобные формы распределений КС на участках без интенсивного техногенного воздействия встречаются редко. На том же рисунке



△ – устье скважины № 1067;  
 - - - - подновленное тектоническое нарушение

Рисунок 2. Пример распределения значений КС на участке скважины 1067 площадки Балапан с явно выраженными линейными понижениями КС

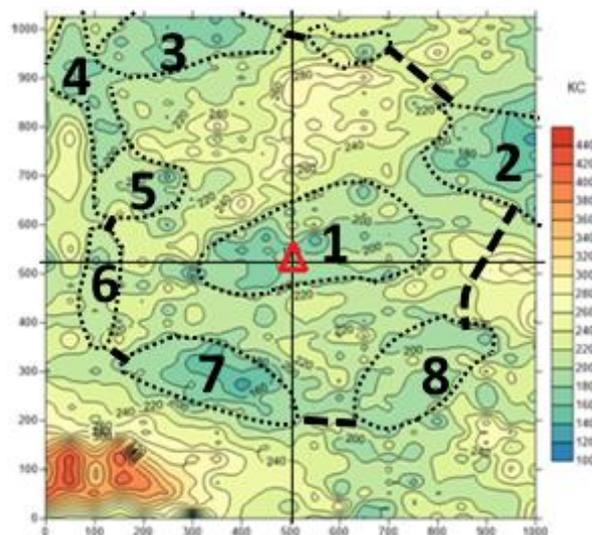
вблизи устья скважины, но со смещением от эпицентра взрыва, проявлены локальные понижения КС, форма которых близка к изометричной. Именно таким образом может проявляться разрушение пород в пределах и вокруг очага ПЯВ.

На рисунке 3 приведено распределение КС по участку скважины № 1225, иллюстрирующее характер проявления техногенной изометричной зоны, созданной ПЯВ.

В центре (аномалия 1) располагается явно выраженное локальное понижение КС. Наряду с ним выделяются еще семь аналогичных понижений (2–8). Центральная аномалия (1) характеризует интенсивную трещиноватость горных пород непосредственно над очагом ПЯВ; аномалии (2–8) окружают центральную зону, составляя кольцевую зону. В совокупности распределение значений КС отражает чередование зон разуплотнения и уплотнения горных пород, образованных в результате проведения ПЯВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» в составе государственной бюджетной программы БП-038 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан»: отчет (промежуточный) / Институт геофизических исследований (ИГИ): рук. Л.В. Бахтин. – Курчатov, 2011. – 73 с.
2. Романов, А.М. Взаимодействие вод с горными породами / А.М. Романов // Алматы: ИВТ, НАК «Казатомпром», 2003. – 247 с.
3. Романов, А.М. Физико-геологическая характеристика миграции радионуклидов / А.М. Романов // Курчатov, 2017. – 110 с.



△ – устье скважины;  
 цифры (1–8) – локальные аномалии КС

Рисунок 3. Взаимное расположение локальных понижений КС на участке скважины № 1225 площадки Балапан

Приведенные примеры (рисунки 1–3) существенно различаются по условиям механического воздействия взрывов на целостность горных пород. В результате воздействия формируются зоны трещиноватости (разуплотнения) по которым движутся потоки подземных вод. Часть этих зон вскрывает очаги ПЯВ и движущиеся по ним воды распространяют радионуклиды в недрах. Радиоактивные загрязнения мигрируют по узким линейно вытянутым гидродинамическим структурам. Обнаружение таких структур, которые представляют собой смешение линейных и кольцевых форм, относится к сложным задачам [2, 3]. Снижение затрат на решение таких задач требует целенаправленного применения геологического картирования. Методика картирования с использованием электроразведки методом КС – одна из эффективных возможностей для прослеживания гидродинамических структур, в том числе переносящих радионуклиды из очагов ПЯВ.

**БОЛЫП КӨРІНЕТІН ЭЛЕКТР КЕДЕРГІ ӘДІСТЕРІМЕН ТЕХНОГЕНДІ  
ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ АЙҚЫНДАУ**

**А.В. Апенько, Е.Ю. Пестов, А.М. Романов**

*Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан*

Семей сынау полигонындағы (ССП) жерасты ядролық жарылыстардың (ЖЯЖ) учаскелерінде далалық түсірулермен айқындалған электр кедергінің (ЭК) төмен мәндерінің сақиналық және сызықты зоналарын талдауы жүргізілген және ЖЯЖ жүргізілген жерлерден қашықтағы учаскелеріндегі ЭК таралудан олардың ерекшелігі анықталған. ЭК төмен мәндерінің сызықтық зоналары, ядролық жарылыстармен жаңартылған геологиялық жарылымдардың көріністеріне жатады, сақиналы зоналар – сыйыстырушы таужыныстарға ЖЯЖ-дің локаль механикалық ықпалы нәтижесінде пайда болған бұзылуларына жатады. Сызықтық және сақиналы зоналар техногенді құрылымдарына жатқызылған. Техногенді зоналарда, ЖЯЖ ошақтарынан қашықтағы жарылымдардың табиғи зоналарының көріністерімен салыстырғанда, елеулі кереғарлығы мен еңі болуы анықталған. Геоэлектрлік ерекшеліктерін келтірілген пайымдауы бұрынғы геологиялық көзғарастарына қайшы келмейді және оны су ағымдарын зерделеу мен ЖЯЖ учаскелерінде радиациялық қауіпті бағалауында пайдалануға болады.

**DETECTION OF TECHNOGENIC STRUCTURES USING METHODS  
OF APPARENT ELECTRICAL RESISTIVITY**

**A.V. Apenko, E.Yu. Pestov, A.M. Romanov**

*Institute of Geophysical Research Kurchatov, Kazakhstan*

An analysis of ring and linear zones of decreased electrical resistivity (AR) on the sites of underground nuclear explosions (UNE) of Semipalatinsk Test Site has been implemented; the zones were detected using field surveys and we established their difference from the AR distribution at the sites distanced from the UNE implementation places. Linear zones of decreased values of AR belong to the occurrences of geological faults renewed by nuclear explosions, whereas ring zones – to the faults occurred as a result of local mechanical impact of a UNE onto the background rocks. Linear and ring zones belong to the technogenic structures. It has been established that technogenic zones have significantly great contrast and width in comparison with the occurrences of natural zones of faults distanced from the UNEs epicenters. The presented interpretation of geo-electrical features does not contradict the existing geological views and can be used during the study of water flows and assessment of radiation safety in the interior of UNEs sites.