

УДК 550.837.2:621.039.9(24)

## ПРОЯВЛЕННОСТЬ ТЕХНОГЕННЫХ СТРУКТУР В ЕСТЕСТВЕННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Бахтин Л.В., Романов А.М., Токаев Д.Н.

*Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан*

Разработана методика естественного электрического поля (ЕП), позволяющая по контрастности, а также по интенсивности особенностей ЕП уверенно выделять участки движения подземных вод, в том числе вблизи очагов подземных ядерных взрывов (ПЯВ). Основными особенностями распределения являются понижение значений ЕП на участках истока и сужений потоков подземных вод и повышение значений ЕП на участках замедления и расширения этих потоков. На участках ПЯВ характер распределений ЕП сложный – линейно вытянутый по различным направлениям, зачастую – мозаичный. В ряде случаев отмечены кольцевые структуры, соконцентричные очагам ПЯВ.

При проведении подземных ядерных взрывов происходит подновление существующих (тектонических) и образование новых (техногенных) нарушений. Разрушенные породы становятся более водопроницаемыми, по ним движутся потоки подземных вод, образуя новые гидродинамические структуры, по которым происходит миграция радионуклидов из очагов подземных ядерных взрывов.

Движение вод в горных породах сопровождается формированием естественного электрического поля (ЕП). Чем больше скорость течения, тем выше уровень потенциала ЕП, которое прямо влияет на реакции обмена между твердой и жидкой фазами горных пород. Это относится и к процессам миграции радионуклидов. Форма потоков определяется преимущественно геологическими разломами и является линейной [1]. Типичное распределение потенциала течения в геологической среде, не затронутой техногенным воздействием, приведено на рисунке 1.

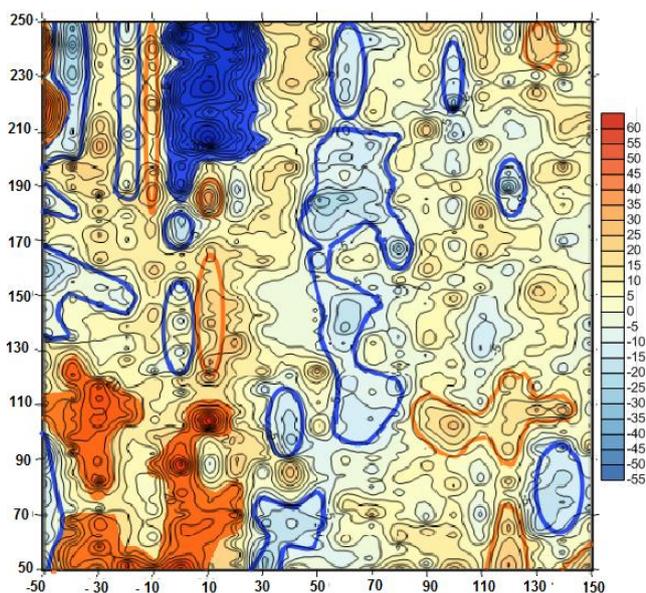


Рисунок 1. Карта изолиний потенциала естественного электрического поля с выделенными аномалиями. Участок Акбота-Западный, СИП

На участке Акбота-Западный (СИП) проявлены субмеридиональные аномалии ЕП положительного и отрицательного знака. Наиболее контрастной является отрицательная аномалия, расположенная на северо-западе участка (район вершины горы), которая интерпретируется как начало потока вод, направленного в сторону соленого озера, находящегося южнее исследованного участка. Параллельно этой аномалии, начиная от центра участка, прослеживается другая положительная аномалия ЕП, которая является зоной истока накопленных дождевых вод. Явной связи распределений потенциала ЕП с литологическим составом горных пород не было установлено.

Для изучения типичных распределений естественного электрического поля выполнены работы на СИП в районе рек Ащису и Шаган (рисунок 2). На участках протекания реки Ащису (рисунок 2) по рыхлым отложениям значения потенциала ЕП варьируют от +2 до +27 мВ. Участки расширения русла (плесы) характеризуются повышением уровня ЕП, а сужения (быстрины) – понижением уровня ЕП.

Сопоставление аномалий ЕП окислительно-восстановительной и фильтрационной природы выполнено по дамбе водохранилища рек Ащису и Шаган (рисунок 3). Аномалия потенциала течения (фильтрации) отмечается на выходе ручья из дамбы и достигает +42 мВ. Участки восточного и западного бортов тальвега возле краев дамбы характеризуются повышенными значениями ЕП. Аномалией окислительно-восстановительного потенциала, достигающая 95 мВ, отмечается армированная металлом наблюдательного люка шахты (рисунок 4).

На участках протекания реки Шаган по скальным отложениям (в том числе, и по скоплениям валунов и крупных обломков кристаллических пород) потенциал ЕП составляет до +50 мВ (рисунок 5).

Типичное распределение потенциала течения в гидродинамических структурах представлено на рисунке 6.

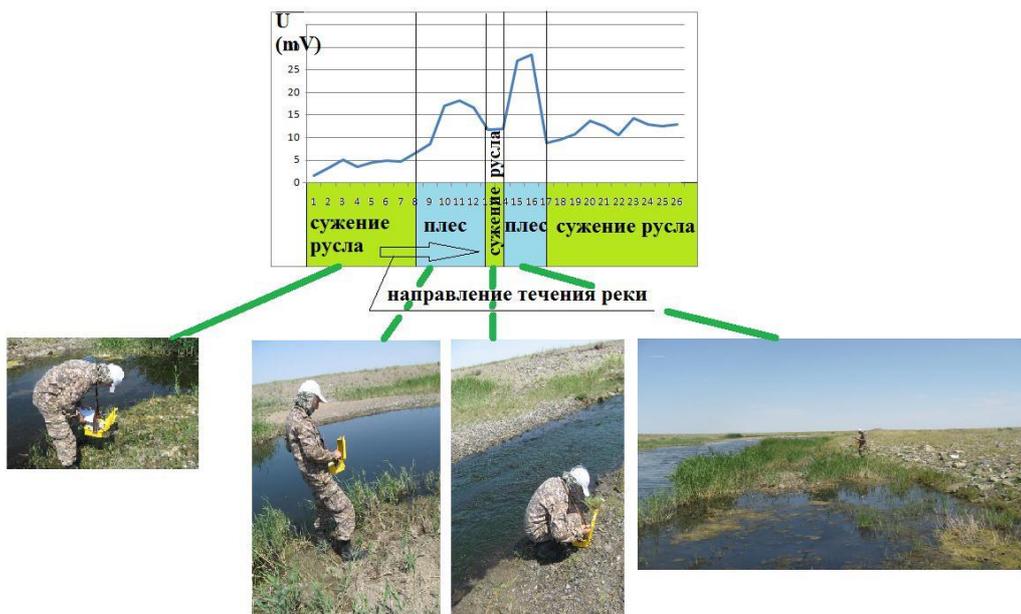


Рисунок 2. Сопоставление значений потенциала ЕП на участках изменения скорости потока реки Аицису, СИП



Рисунок 3. Северная сторона дамбы на реках Аицису – Шаган, СИП

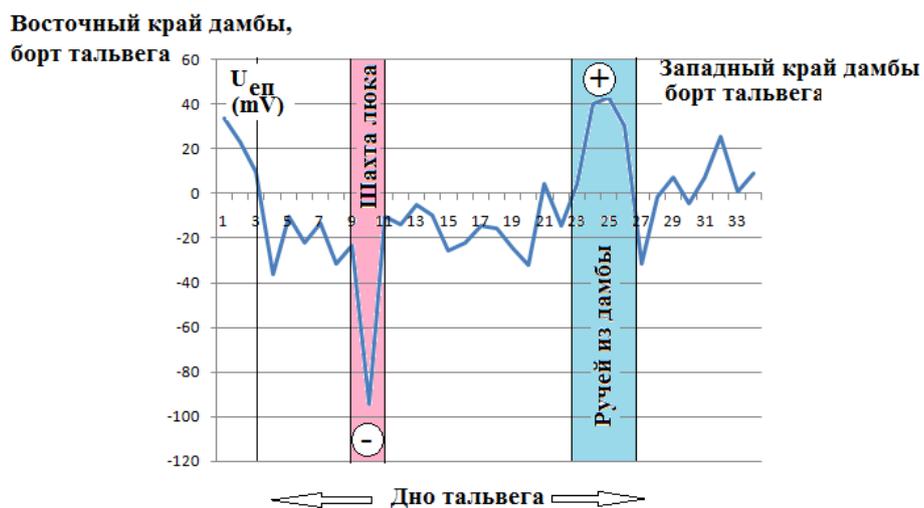


Рисунок 4. Сопоставление значений потенциала на участках интенсивного окисления и выхода потока вод дамбы

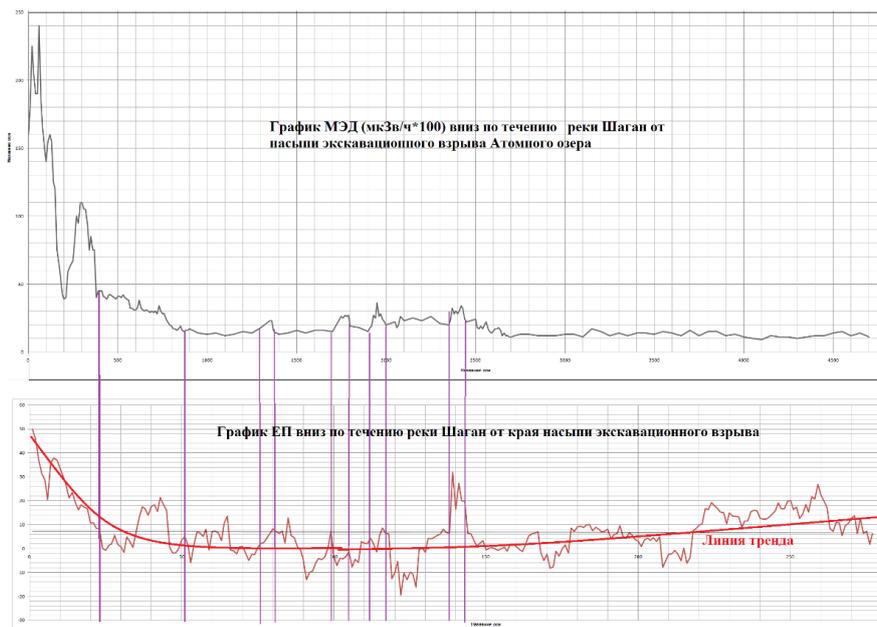


Рисунок 5. Сопоставление значений потенциала EP на скальных обломках и рыхлых отложениях реки Шаган, СИП

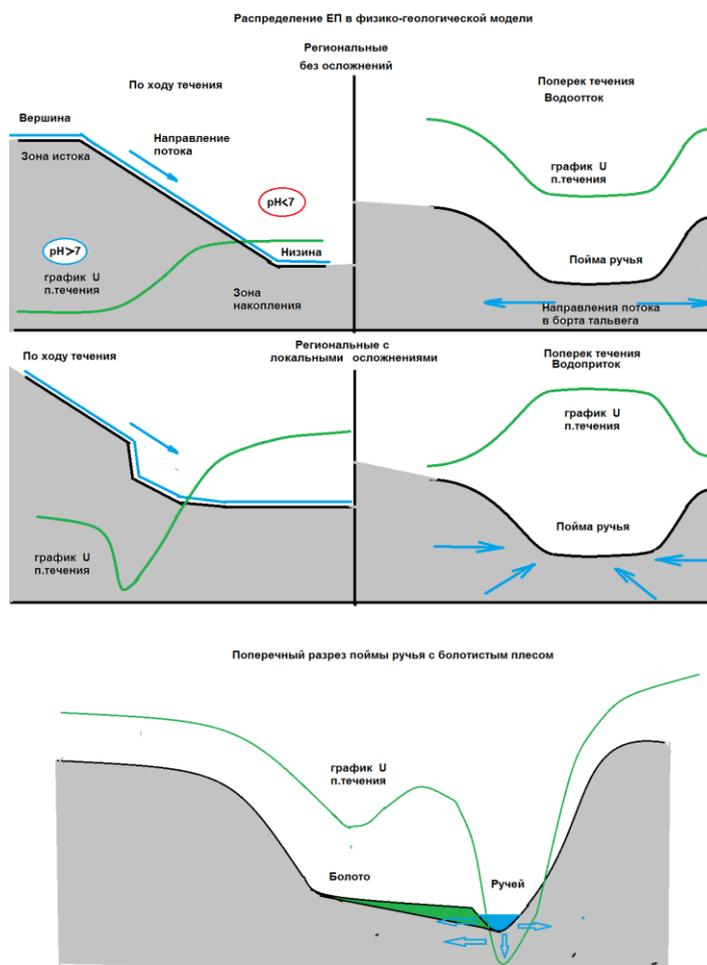
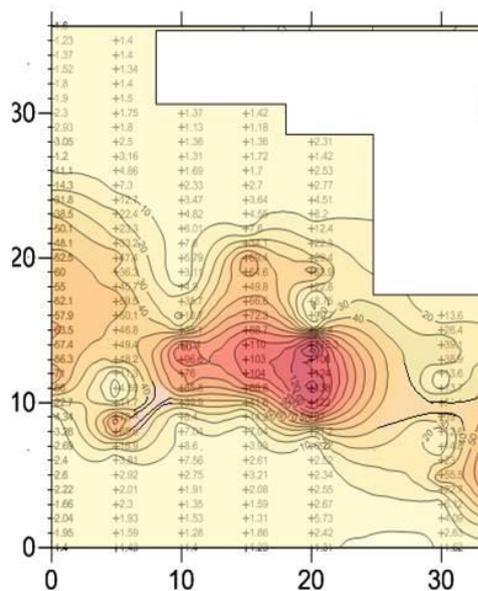


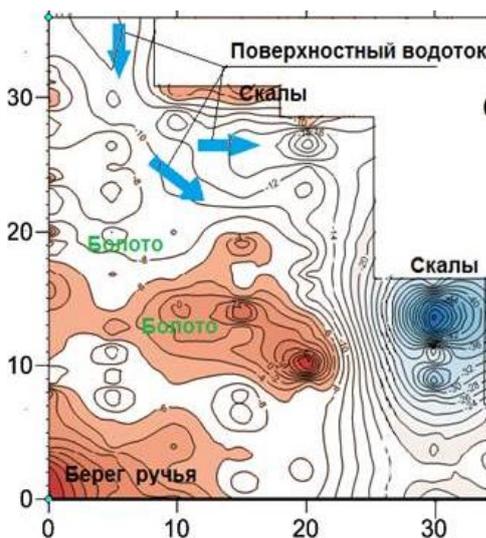
Рисунок 6. Типичные распределения потенциала течения на поверхностных гидродинамических системах (руслах ручьев)

Основные выводы, сделанные по результатам наблюдения ЕП на участке Шаган:

- при направлении профилей съемок поперек потока выходы вод из зон фильтрации на дневную поверхность, а также берега русел, поглощающие воду, характеризуются повышениями потенциала течения;
- при направлении профилей съемок вдоль потока места его расширения отмечаются положительными значениями ЕП, а сужения – отрицательными;
- при прочих равных условиях аномалии ЕП на участках высокоомных пород характеризуются большей интенсивностью по сравнению с участками низкоомных пород.



а) гамма-активность



б) естественное электрическое поле

Рисунок 7. Сопоставление распределений радионуклидов (гамма-активность) и потенциала течения электрического поля. Ручей Байтлес, СИП

Особое внимание следует обратить на то, что с участками повышения уровня потенциала течения связано повышение гамма-активности (рисунок 5). Это свидетельствует о влиянии ЕП на отложение радионуклидов из жидкой фазы в твердую. Аналогичные результаты получены при сопоставлении гамма-активности и потенциала течения на ручьях Байтлес (рисунок 7), Узынбулак (рисунок 8), вытекающих из боевых штолен площадки Дегелен [2].

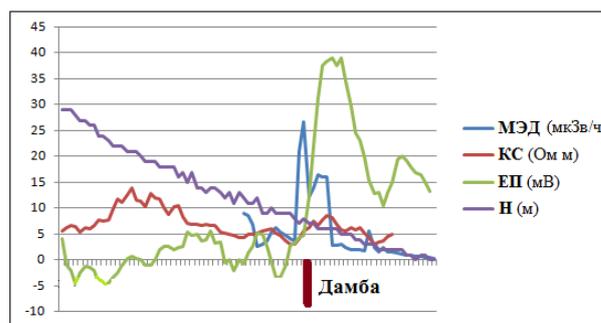


Рисунок 8. Сопоставление распределений радионуклидов (гамма-активности), потенциала течения электрического поля, кажущегося электрического сопротивления на участке дамбы, перегораживающей ручей Узынбулак, СИП

Миграция и межфазный переход радионуклидов возможны как в природных, так и в техногенных структурах, поскольку в структурах обоих видов происходит движение вод, возникает электрическое поле потенциала течения, влияющее на взаимодействие горных пород и вод, в том числе и на миграцию веществ. Однако форма зон водопроводимости природных и техногенных структур существенно различается. Выше (рисунок 1) было показано, что форма природных структур – преимущественно линейная, соответственно, подновление этих зон ядерными взрывами, имеет линейный вид. Даже на удалении 1–2 км от эпицентра подземного ядерного взрыва линейность явно выражена, как это следует из данных ЕП (рисунок 9-а).

В непосредственной близости от мест подземных ядерных взрывов воздействие на вмещающие массивы горных пород проявлено локально и, преимущественно в форме колец, концентрических эпицентру. На расстоянии до 400 м и более от скважин с ПЯВ распределения ЕП имеют специфическую форму, близкую к кольцевой (рисунок 9-б). Обычно на таких участках гидродинамические структуры характеризуются смешанными формами распределений ЕП [2, 3]. Несмотря на то, что подобные формы сложны в интерпретации, с помощью данных ЕП возможно определить не только местоположение подземных водотоков, но и их направление. Кроме того, по участкам с повышенными значениями потенциала течения устанавливается наличие предполагаемых расширенных потоков вод.

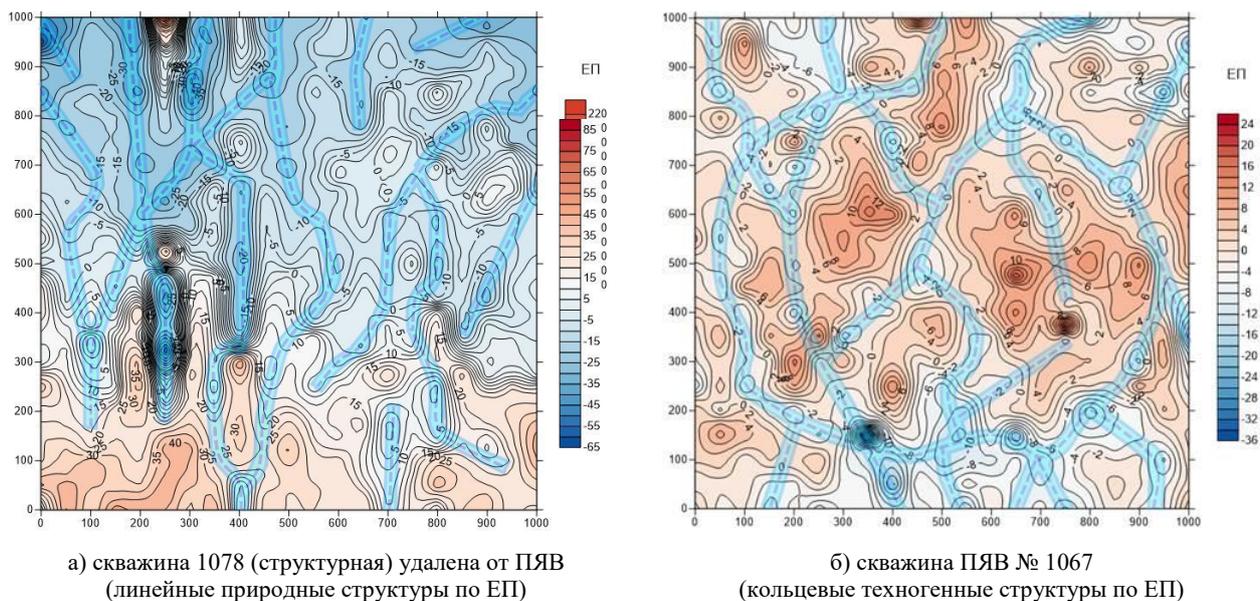


Рисунок 9. Сопоставление природных и техногенных распределений потенциала течения

Подобные участки являются потенциальными накопителями радионуклидов и поэтому характер ЕП может использоваться как индикатор при оценке радиационной опасности недр.

При определении путей миграции радионуклидов, наряду с картами ЕП, необходимо использовать как дополнительную информацию: 1) распределения кажущегося электрического сопротивления, позволяющие выделить линейные геологические нарушения, в том числе и подновленные ядерными взрывами; 2) распределения активности газового трития, определяемые эксхалационной съемкой участков. Они позволяют установить наличие непосредственной связи гидродинамических структур с очагами подземных ядерных взрывов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романов, А.М. Взаимодействие вод с горными породами / А.М.Романов // Алматы: НАК Казатомпром, 2003. – 247 с.
2. Романов, А.М. Физико-геологическая характеристика миграции радионуклидов / А.М. Романов. – Семей: Издательский дом «Интеллект», 2017 – 110 с.
3. Обоснование применения геофизических методов для контроля миграции радионуклидов на Семипалатинском испытательном полигоне: отчет о НИР (заключительный) / Республиканское государственное предприятие «Институт геофизических исследований» (РГП ИГИ); рук. А.М. Романов. – Курчатов, 2017. – 270 с. – НЦНТИ; №ГР 0115РК02350. – Инв. № 0217РК01358.

Таким образом, можно утверждать, что метод естественного электрического поля должен быть неотъемлемой частью комплекса геофизических методов, предназначенных для определения путей распространения радиоактивного загрязнения из очагов подземных ядерных взрывов.

*Исследования выполнены в рамках гранта МОН РК № 1758/ГФ4 «Обоснование применения геофизических методов для контроля миграции радионуклидов Семипалатинском испытательном полигоне» (2015–2017 гг.).*

*Научный руководитель Романов А.М., к.г.-м.н.*

## ТАБИҒИ ЭЛЕКТР ӨРІСТЕГІ ТЕХНОГЕНДІ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ КӨРІНУІ

Л.В. Бахтин, А.М. Романов, Д.Н. Тоқаев

*Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан*

Керегарлық, сондай-ақ электр өрісінің (ЭӨ) ерекшеліктерінің қарқындылығы бойынша жерасты суларының, оның ішінде жерасты ядролық жарылыстарының (ЖЯЖ) ошақтары маңындағы жерасты суларының қозғалыстарының учаскелерін сенімді бөлуге мүмкіндік беретін табиғи ЭӨ әдістемесі әзірленді. Жерасты суларының шығар жері мен ағынның тарылу учаскелерінде ЭӨ мәнінің төмендеуі және осы ағындардың баяулау мен кеңею учаскелерінде ЭӨ мәнінің жоғарлауы таралудың негізгі ерекшеліктері болып табылады. ЖЯЖ учаскелерінде ЭӨ-нің таралу сипаты күрделі – әртүрлі бағыттар бойынша сызықты ұзартылған, көбінесе – мозаикалық. Бірқатар жағдайда ЖЯЖ ошақтарына бірге концентратталған сақиналық құрылымдар белгіленеді.

## PRESENCE OF TECHNOGENIC STRUCTURES IN NATURAL ELECTRICAL FIELD

L.V. Bakhtin, A.M. Romanov, D.N. Tokaev

*Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan*

A methodology of self-potential that allows to confidently detect sites of underground water movements, including the ones near the foci of underground nuclear explosions (UNE), based on the contrast and intensity of self-potential features, has been developed. The main features of distribution are the decrease of self-potential values at the sites of the source and narrowing of the underground water flows and increase of self-potential values at the sites of slowness and widening of these flows. At the UNE sites the nature of self-potential is complicated – linearly stretched in different directions, often – mosaic one. In a number of cases ring structures co-concentric with the UNEs foci have been noted.