

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ,
КАРТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ "ЗАЛЕЖИ" ГАЗА
ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ****© С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Б.Б. Синюк, 2009**

*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, Украина,
Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, Киев, Украина,
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина,
ДК "Укргаздобыча" НАК "Нефтегаз Украины", Киев, Украина*

The article presents practical experience of experimental application in 2008 of non-traditional geoelectric methods of forming a short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) (FSPEF–VERS express-technology) in monitoring observations of the gas pump-down from “man-caused” pool. The zone of gas penetration in upper aquiferous strata of a cross-section was revealed and mapped on a hydrocarbon field by FSPEF method survey. The depths of water-bearing reservoirs and the gas layer location were determined by VERS sounding. Additional boreholes were placed for gas pumping-out on measurements data by the FSPEF–VERS methods. Multiple field measurements have shown that the process of gas pumping-out from a “man-caused” pool can be monitored (and it is actually tracked) in time by using the FSPEF–VERS technology. The results of the experiments testify to the practical possibility of using these methods for operative solving of specific problems in oil- and gas-extraction, they are also one more weighty argument for a much broader usage of FSPEF–VERS technologies in a geological oil and gas prospecting process.

Введение. В последнее десятилетие отмечается очень интенсивное использование в практической деятельности геоэлектрических (электрических и электромагнитных) методов исследований. Эти методы активно применяются в настоящее время для изучения глубинного строения земной коры и верхней мантии (классический метод МТЗ), при поисках и разведке скоплений углеводородов (УВ) на рекогносцировочных этапах работ и при детальном изучении нефтегазоперспективных локальных объектов на суше и в морских акваториях, а также для решения широкого круга практических задач приповерхностной геофизики – экологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, геолого-геофизических. Возможности геоэлектрических и электромагнитных методов при решении разнообразных задач приповерхностной геофизики, а также перспективы их дальнейшего применения детально проанализированы в серии публикаций обзорного характера [10, 19, 20, 22, 23]. Особых успехов в использовании электромагнитных методов для поисков скоплений нефти и газа добились известные западные компании EMGS с технологией Sea Bed Logging (SBL) [www.emgs.com] и МТЕМ с технологией МТЕМ (multi-transient electromagnetic) [www.mtem.com] [12]. Эти технологии признаны ведущими нефтегазовыми компаниями мира, а сами компании выполняют электромагнитные исследования по многомиллионным контрактам на

суше и в морских акваториях во всех нефтегазонасных регионах земного шара. В статье [12] детально проанализированы и сопоставлены возможности электромагнитных технологий МТЕМ и SBL.

Благодаря признанию ведущими нефтегазовыми компаниями мира геоэлектрических методов как одного из важных инструментов поисков и разведки скоплений УВ наблюдается существенный прогресс в совершенствовании классических электроразведочных технологий и методов. Это же обстоятельство способствует также интенсификации усилий в направлении разработки нетрадиционных (неклассических) технологий геоэлектрических исследований верхней части геологического разреза и глубинной структуры земной коры и верхней мантии. Есть веские основания надеяться, что многочисленные практические эксперименты в данном направлении могут увенчаться созданием оперативных и эффективных геоэлектрических технологий решения широкого круга практических поисковых геолого-геофизических и инженерно-геологических задач. Некоторые важные и интересные практические полевые эксперименты такого рода рассмотрены и проанализированы в настоящей публикации.

Речь пойдет ниже об относительно новом применении уже известных по многочисленным публикациям [2–9, 11, 13–18] оригинальных геоэлектрических методов становления короткоим-

пульсного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (сокращенно технология СКИП–ВЭРЗ). Эти методы в настоящее время являются сугубо экспериментальными, законченного теоретического обоснования не имеют, хотя работы в указанном направлении интенсивно ведутся [9]. Экспериментальная технология практически опробована на достаточно представительном множестве известных месторождений нефти и газа [3, 5, 6, 9], однако пока еще не “признана” (активно не используется) организациями и учреждениями нефтегазового комплекса, а также сервисными геофизическими компаниями Украины. Основная причина этого – отсутствие представительного множества (статистики) подтверждения результатов геоэлектрических исследований методами СКИП–ВЭРЗ бурением (для бурения скважин необходимо время). Вместе с тем методы СКИП–ВЭРЗ широко используются в Украине для решения разнообразных задач приповерхностной геофизики [2, 11, 13–16, 18]. В этом плане можно вполне определенно заявить, что технология СКИП–ВЭРЗ “признана” (т. е. используется в достаточной степени широко и активно) многочисленными организациями и фирмами (компаниями) строительного, проектного, изыскательского и гидрогеологического профиля, а также специализированными организациями, занимающимися оперативным устранением последствий техногенных аварий и стихийных природных явлений. С учетом того что результаты приповерхностных геоэлектрических исследований легко и оперативно проверяются бурением и другими поверхностными проявлениями, широкое использование методов СКИП–ВЭРЗ для решения конкретных практических задач свидетельствует об адекватности полученных с их помощью результатов реальному геологическому строению обследуемых объектов приповерхностного залегания (практика – критерий истины).

Необходимо отметить еще одно обстоятельство. Важное (а может быть, и определяющее) значение в признании технологии СКИП–ВЭРЗ как эффективного инструмента оперативного решения задач приповерхностной геофизики имеют некоторые техногенные аварии (процессы) в г. Киеве, в выяснении причин которых были задействованы геоэлектрические методы СКИП–ВЭРЗ. К такого рода авариям следует отнести в первую очередь: а) обвал пещерной галереи в Киево-Печерской лавре [16]; б) разрушение стенки туннеля линии метро приповерхностного залегания между станциями метро “Осокорки” – “Поздняки” [18]; в) провалы на участках строительства линии метро в направлении жилищного массива Теремки. Анализ результатов геофизических работ многочисленными комиссиями специалистов для установления при-

чин произошедших техногенных аварий позволил в полной мере оценить возможности и преимущества этих методов и рекомендовать для практического использования с учетом их оперативности и эффективности.

В настоящем сообщении рассматриваются результаты выполненных исследований методами СКИП–ВЭРЗ с целью установления причин формирования “техногенной” залежи газа на одном из месторождений УВ.

Общие сведения и методика работ. На месторождении УВ в районе расположения одной из добывающих скважин были обнаружены вытоки воды с газом, и вполне закономерно возникло предположение о возможности попадания (перетока) газа в верхние горизонты разреза, в пласты водоносного коллектора. Это могло привести к накоплению газа в водоносных коллекторах (т. е. к формированию так называемой “техногенной” залежи), возникновению избыточного давления в водоносных горизонтах, что в результате и обусловило выдавливание воды с газом на поверхность.

Возникшая нестандартная ситуация на месторождении поставила ряд интересных и важных задач, которые необходимо было решить достаточно оперативно в сжатые сроки: а) выявление путей попадания газа в верхние горизонты разреза; б) обнаружение и картирование зоны проникновения газа в водоносные горизонты; в) определение глубин залегания и общей площади распространения газа в верхних водоносных коллекторах.

Для решения перечисленных задач выполнялись оперативные полевые обследования проблемного участка месторождения геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ, которые проводились четыре раза – через 4, 10, 36 и 72 дня после начала события (вытоков воды с газом на поверхность возле одной из скважин). Съёмка методом СКИП использовалась для выявления и картирования геоэлектрической аномальной зоны в районе обнаруженных истоков воды с газом на поверхность (рис. 1, 2). Отметим сразу, что обнаруженная аномальная зона обусловлена в первую очередь повышенной миграцией водных потоков в верхних горизонтах разреза. Методом ВЭРЗ определялась глубина залегания аномально поляризованных пластов (АПП) типа “газ” и типа “водоносный горизонт”. Результаты ВЭРЗ представлены колонками и диаграммами зондирования (рис. 3), вертикальными разрезами вдоль и вкрест зоны проникновения газа (рис. 4, 5), картой мощности техногенной газовой “залежи” (рис. 6) и таблицами глубин залегания и мощностей отдельных АПП типа “газ” и “водоносный горизонт”.

По материалам первых полевых работ методами СКИП и ВЭРЗ в эксплуатационной скважи-

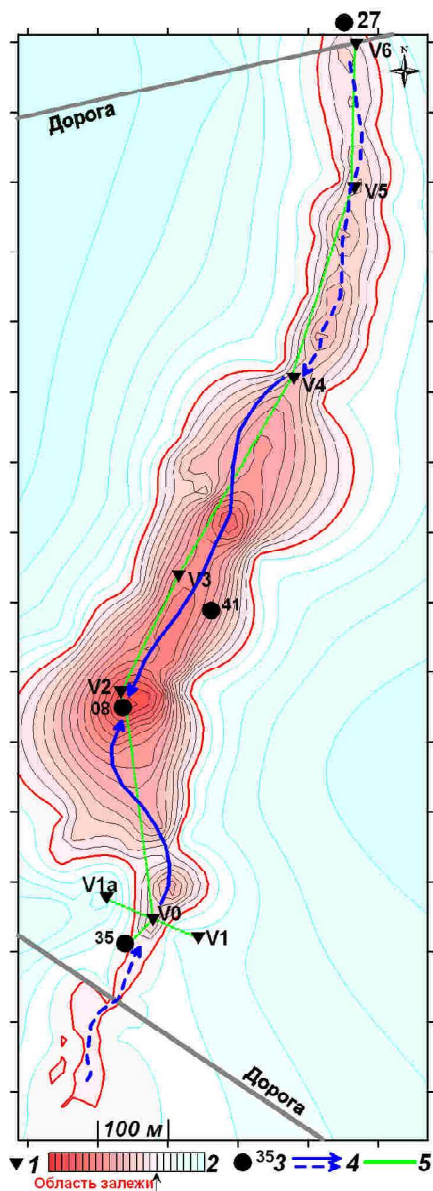


Рис. 1. Карта аномальной геоэлектрической зоны от техногенной газовой залежи в районе скв. 08 на 4-й день после начала события: 1 – пункты ВЭРЗ; 2 – шкала интенсивности поля СКИП; 3 – скважина и ее номер; 4 – направления миграции подземных водных потоков в интервале глубин 425–460 м; 5 – линии вертикальных разрезов

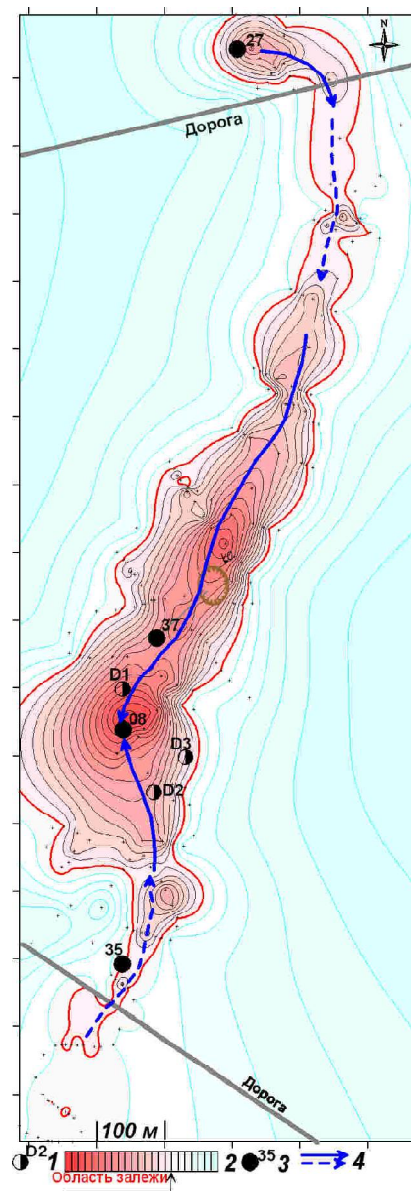


Рис. 2. Карта аномальной геоэлектрической зоны от техногенной газовой залежи в районе скв. 08 на 10-й день после начала события: 1 – проектная скважина для отбора техногенного газа и ее номер. Остальные условные обозначения см. на рис. 1

не 37 (см. рис. 2, 7) проведена перфорация на глубинах 650, 450, 310 м. Из глубин 450 и 310 м получены притоки воды с газом. Сфотографирован (рис. 8) процесс отвода газа и воды из этой скважины.

При повторном геофизическом обследовании через 10 дней после начала события проведены детальные зондирования в районе запроектированных буровых скважин D1–D3 (см. рис. 2, 7) для решения проблемы отвода “техногенного” газа из водоносных пластов. Дополнительно проведено зондирование в районе устья скв. 37 и в зоне обвалования отвода газа из скв. 37.

Результаты геофизических работ. Картирование зоны проникновения газа в верхние горизонты геологического разреза. По данным метода СКИП

построены карты геоэлектрической аномальной зоны типа “техногенная залежь” в районе скв. 27, 37, 08, 35 (см. рис. 1, 2). Размеры аномальной зоны, обнаруженной и закартированной при проведении первых работ (рис. 1) через 10 дней после начала события (рис. 2) практически не изменились. Эта аномальная зона отображает неоднородности разреза в интервале глубин от 200 до 900 м. В данном случае аномальная зона в первом приближении совпадает с зоной проникновения газа в верхнюю часть разреза и простирается от скв. 35 к скв. 27. Длина зоны около 1350 м. Максимальная ширина определена в районе расположения скв. 08, 41 и равна 200 м. От скв. 27 эта зона прослеживается в виде узкой полосы. В районе самой скв. 27 фиксируется уча-

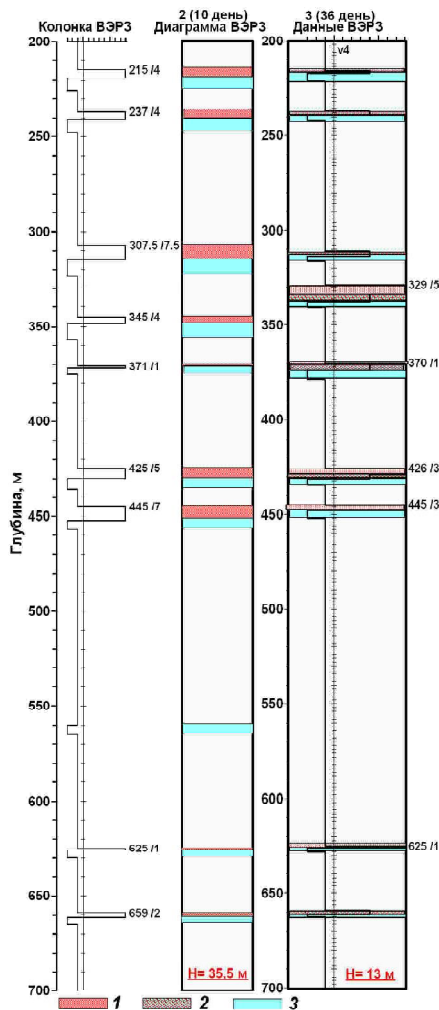


Рис. 3. Результаты ВЭРЗ в районе скважины откачки “техногенного” газа D3 на 10-й и 36-й дни после начала события. Аномально поляризованные пласты типа: 1 – “газ”; 2 – “газ+вода”; 3 – “водоносный горизонт”

сток значительного повышения интенсивности аномалии. Это позволяет предположить, что попадание газа в верхние пласты разреза могло произойти в районе скв. 27. Поскольку скв. 35 находится на краю аномальной зоны, то не исключалась возможность попадания газа в верхние пласты и в районе ее расположения. Все другие скважины не могли быть задействованы в процессе формирования газового пласта в верхней части разреза. Материалы съемки СКИП позволяют предположить, что газ, который попадал в верхнюю часть разреза в районе скв. 27, мигрировал, в основном, в южном направлении. Наибольшие скопления газа выявлены в районе скв. 08, а также южнее.

Определение глубин формирования техногенного газового пласта в верхней части разреза. Вертикальное электрорезонансное зондирование в интервале глубин 200–900 м проведено первый раз в 8 пунктах (см. рис. 1, 6). По данным ВЭРЗ в интервале глубин от 425 до 459 м выделена аномальная зона, которая состоит из АПП типа “газ” в верхней части разреза и АПП типа “водоносный горизонт” в нижней части (см. рис. 4, 5). Данный интервал разреза с большой долей вероятности может быть зоной повышенного давления водоносного пласта, которое обусловлено попаданием газа в водоносный коллектор.

По данным зондирования построена карта мощности техногенного газового пласта на площади месторождения в интервале глубин от 420 м до 460 м (рис. 6). Здесь наблюдается постепенное увеличение мощности пласта от 1 до 8 м в юго-западном направлении, от скв. 27 к скв. 08 (см. рис. 4, 5).

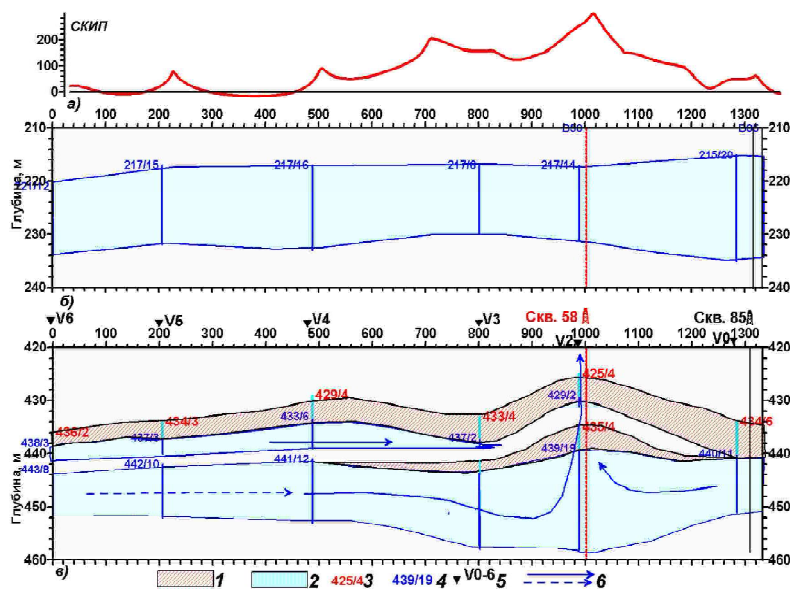


Рис. 4. Вертикальный разрез вдоль зоны проникновения газа в верхние водоносные горизонты в интервале глубин 420–460 м в районе скв. 08 на 4-й день после начала события: а – график значений геоэлектрической аномалии СКИП вдоль профиля; б – водоносный горизонт над газовой залежью; в – разрез зоны проникновения газа в водоносные горизонты в меловых отложениях; 1 – газовая “шапка”; 2 – водоносные горизонты; 3 – глубина залегания кровли газа/мощность пласта, м; 4 – глубина залегания кровли водоносного горизонта/мощность пласта, м; 5 – пункт ВЭРЗ и его номер; 6 – направление миграции водного потока

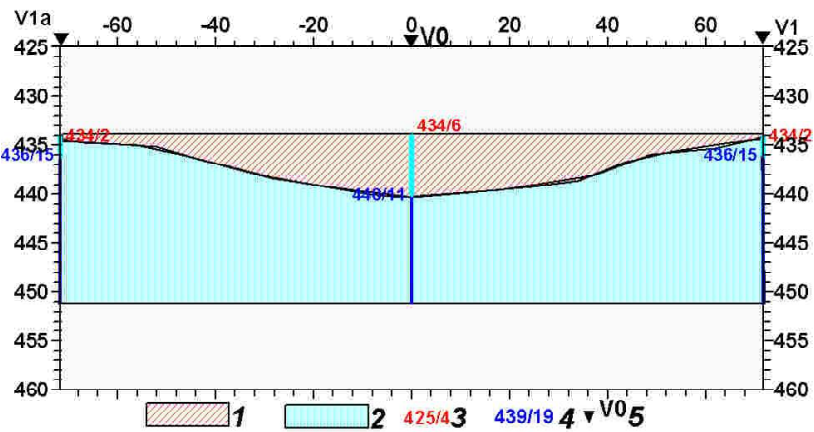


Рис. 5. Вертикальный разрез вкрест зоны проникновения газа в верхние водоносные горизонты в интервале глубин 420–460 м в районе скв. 08 на 4-й день после начала события. Условные обозначения те же, что на рис. 4

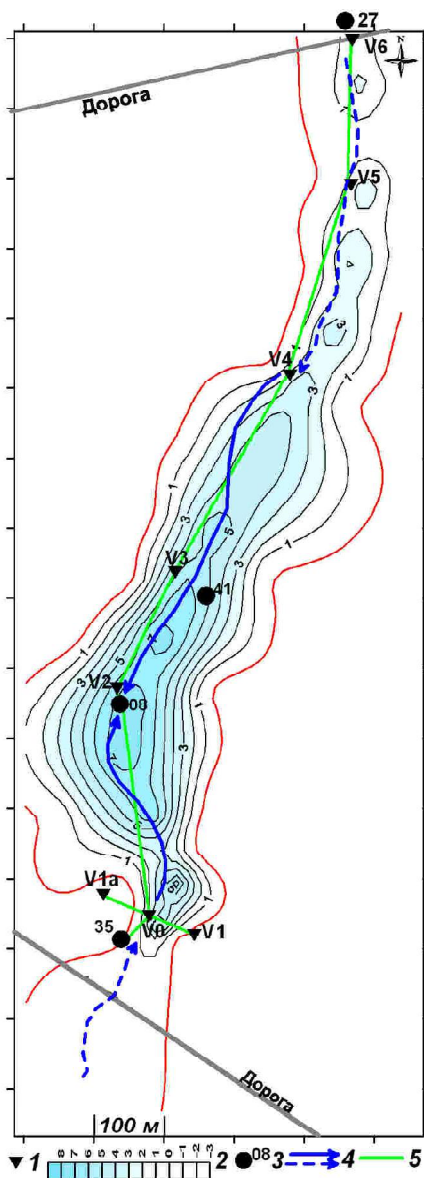


Рис. 6. Карта мощности техногенной газовой залежи в интервале глубин 400–500 м в районе скв. 08 на 4-й день после начала события: 1 – пункт ВЭРЗ и его номер; 2 – шкала мощности газа, м; 3 – скважина и ее номер; 4 – направления миграции подземных водных потоков в интервале глубин 425–460 м; 5 – линия вертикального разреза

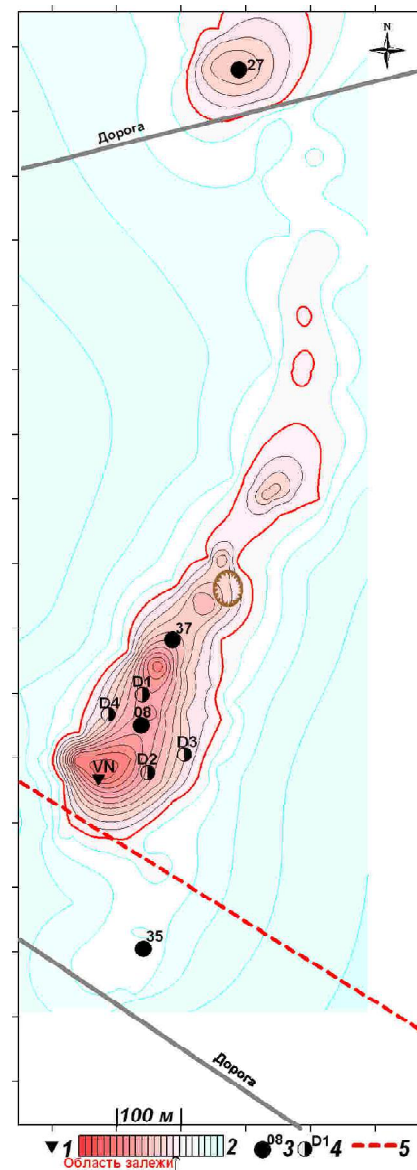


Рис. 7. Карта аномальной геоэлектрической зоны от техногенной газовой залежи в районе скв. 08 на 36-й день после начала события: 1 – пункт ВЭРЗ и его номер; 2 – шкала интенсивности поля СКИП; 3 – скважина месторождения и ее номер; 4 – скважина для отбора техногенного газа и ее номер; 5 – тектоническое нарушение



Рис. 8. Поток воды и газы из скв. 37 после перфорации газонасыщенных интервалов на глубинах 450 и 310 м, выделенных по данным зондирования ВЭРЗ

В районе скв. 08 по данным ВЭРЗ состоянием на 4-й день после начала события выделены следующие интервалы глубин залегания АПП: 1) 425–429 м – АПП типа “газ”; 2) 429–431 м – водоносный горизонт; 3) 435–439 м – АПП типа “газ”; 4) 439–458 м – водоносный горизонт.

К периферии аномальной зоны мощность АПП типа “газ” резко снижается, и с удалением от нее такие пласты исчезают полностью (см. рис. 6).

Таким образом, есть большая вероятность того, что на указанных интервалах АПП находится газовая толща, которая обуславливает избыточное давление водоносного пласта.

Дополнительные работы по детальному зондированию в местах размещения дегазационных скв. D1–D3 (см. рис. 2, 7) проведены на 10-й день после начала события. Результаты исследований представлены в виде диаграмм и колонок зондирования (см. рис. 3), а также таблиц.

Геоэлектрические исследования третьего этапа.

На этом этапе геофизических работ в пределах техногенной залежи были пробурены три дегазационные скважины D1–D3 (см. рис. 7). Глубина скважин около 340 м. С глубины 330 м получены притоки газа. Велось бурение скважины дегазации D4.

По данным съемки методом СКИП построена карта геоэлектрической аномальной зоны от техногенной залежи газа (см. рис. 7). Длина аномальной зоны 700 м, максимальная ширина 200 м. По сравнению с двумя предшествовавшими съемками (см. рис. 1, 2) площадь аномальной зоны уменьшилась практически в 2 раза. Так, на 4-й день после начала события общая площадь аномалии S составляла 20,7 га, на 10-й – 19,7 га, на 36-й день – 10,5 га.

На аномальных картах двух первых этапов съемок максимальное значение поля зафиксировано в районе скв. 08 (см. рис. 1, 2). Через 36 дней

(см. рис. 7) интенсивность аномалии уменьшилась, появилось несколько локальных экстремумов. Максимальная часть аномалии переместилась к югу от скв. 08. Все это свидетельствует об интенсивном процессе дегазации верхней части разреза через скв. 08, 37 и D1–D3.

Размеры аномалии уменьшаются с севера на юг. В районе скв. 27 осталась небольшая локальная аномалия. В верхние горизонты газ попадал, скорее всего, в районе указанной скважины. Миграция газа происходила в южном направлении, он накапливался в ловушке, экранированной тектоническим нарушением, которое проходит в 200 м к югу от скв. 08. Тектоническое нарушение определено по данным сейсморазведки (рис. 7). На поверхности вдоль тектонического нарушения сформировалась небольшая балка. Максимальная концентрация газа в верхних пластах разреза находится на северной стороне балки, в 150 м к югу от скв. 08.

Поскольку техногенная газовая залежь тектонически экранирована, полная ее дегазация возможна только при бурении скважин в районе тектонического нарушения.

При проведении геоэлектрических исследований третьего этапа зондирования ВЭРЗ выполнено в районе скв. 08, D1–D3 (см. рис. 3), D4, а также в точке максимума аномального поля (VN, 150 м на юг от скв. 08, см. рис. 7).

Максимальное значение суммарной мощности АПП типа “газ” определено в точке зондирования ВЭРЗ VN: $N = 20$ м. В районе бурения скв. D4 $N = 5,5$ м, скв. D3 – $N = 13$ м (предыдущие данные на 10-й день – $N = 35,5$ м) (см. рис. 3), скв. D2 – $N = 7,5$ м (предыдущие данные на 10-й день – $N = 36,5$ м), скв. D1 – $N = 7,5$ м (предыдущие данные на 10-й день – $N = 34$ м).

Таким образом, мощность АПП типа “газ” в районе действующих скважин дегазации уменьшилась примерно в 4–5 раз по сравнению с данными измерений на 10-й день.

Исследования на четвертом этапе. На период проведения работ через 72 дня после начала события истоки воды и газа в районе скв. 08 не наблюдались. Из скв. D1–D4 производился отвод газа. Началось бурение скважин дегазации D5 и D6 (рис. 9).

Площадь геоэлектрической аномалии от техногенной залежи, построенной по данным детальной съемки методом СКИП, уменьшилась до 7,5 га (рис. 9). Длина закартированной аномальной зоны 550 м, максимальная ширина – 200 м. Продолжается закономерное уменьшение площади аномальной зоны, что связано с процессом дегазации газосодержащих пластов верхней части разреза.

На картах аномалий СКИП предыдущих съемок (см. рис. 1, 2, 7) максимальные значения поля

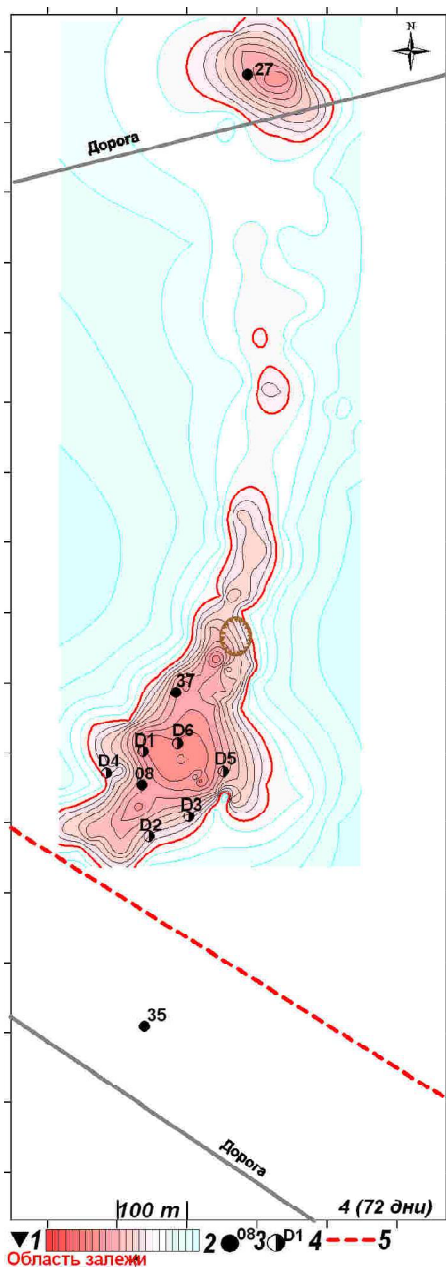


Рис. 9. Карта аномальной геоэлектрической зоны от техногенной газовой залежи в районе скв. 08 на 72-й день после начала события. Условные обозначения те же, что и на рис.7

фиксируются в районе скважины 08. На последней карте (см. рис. 9) максимум аномалии переместился на расстояние 75 м в северо-восточном направлении и расположен между скв. D5, D6, D1. В районе скв. 27 осталась небольшая локальная аномалия. Это еще раз свидетельствует о том, что истоки газа в верхние горизонты имели место в районе скв. 27. Миграция газа шла в южном направлении; он накапливался в ловушке, экранированной тектоническим нарушением, которое проходит в 200 м южнее скв. 08.

При проведении полевых работ детальное зондирование выполнено в районе скв. 27 и бурящихся скважин дегазации D5, D6. Глубина зондирования составляла 1300 м (на предыдущих эта-

пах работ зондирование ВЭРЗ на скв. D1–D4, 08 и 37 проводилось до глубины 600 м).

В районе скв. 27 АПП типа “газ” суммарной мощностью 15 м определены в интервалах 465–474 м (9 м); 662–665 м (3 м); 1008–1011 м (3 м). Следовательно, по геофизическим данным интервал глубин 465–474 м можно считать основным, из которого газ проникал в верхние горизонты разреза из скв. 27.

В районе скв. D5 выделено 12 интервалов АПП типа “газ” суммарной мощностью 30,5 м: 1) 311–313,5 м (2,5 м); 2) 356–360 м (4 м); 3) 370–372 м (2 м); 4) 424,5–426 м (1,5 м); 5) 451–452 м (1 м); 6) 631–636 м (5 м); 7) 659–663 м (4 м); 8) 709–711 м (2 м); 9) 762–764 м (2 м); 10) 778–789 м (2 м); 11) 812–814 м (2 м); 12) 951–954 м (3 м).

Суммарная мощность 10 АПП типа “газ” возле скв. D6 составляет 19 м: 1) 311,5–313,5 м (2 м); 2) 328,5–331 м (2,5 м); 3) 360–361 м (1 м); 4) 429–430 м (1 м); 5) 460–461 м (1 м); 6) 631,5–635 м (3,5 м); 7) 660–665 м (5 м); 8) 767–766 м (2 м); 9) 779–781 м (2 м); 10) 813–815 м (2 м).

Выводы. Геофизическими исследованиями методами СКИП и ВЭРЗ определена зона расположения техногенного газового пласта в верхней части геологического разреза месторождения.

Обнаруженная зона простирается от скв. 27 к скв. 35 и может быть образована вследствие перетоков газа в верхние пласты как из скв. 35, так и из скв. 27. Все другие скважины месторождения не имеют отношения к формированию техногенной газовой залежи. Длина зоны техногенного газового пласта 1350 м. Максимальная ширина пласта в районе скв. 08 и 41 достигает 200 м.

Установлены направления миграции водных потоков: от скв. 27 к скв. 08 и от скв. 35 к скв. 08. Попавший в верхние пласты разреза газ является основной причиной избыточного давления в локальной зоне над месторождением. Данные геоэлектрических исследований свидетельствуют о том, что техногенный газ не мигрирует за пределы месторождения. Суммарная мощность техногенных газовых пластов увеличивается в южном направлении и достигает максимальных значений южнее скв. 08. Оптимальной для размещения дегазационных скважин является зона в 100–150 м южнее скв. 08. По данным ВЭРЗ в этой точке зафиксирована наибольшая мощность газовых пластов. При выборе мест размещения буровых скважин дегазации необходимо учитывать данные картирования аномальной зоны от техногенных залежей в верхней части разреза.

При проведении работ по откачке газа данные вертикального зондирования необходимо согласовывать с данными каротажа ближайших буровых скважин.

Полевые геоэлектрические исследования на третьем и четвертом этапах работ свидетельству-

ют об интенсивных процессах откачки газа через скважины дегазации. За время между двумя этапами полевых работ площадь аномальной зоны уменьшилась практически в 2 раза, а суммарные мощности АПП типа “газ” в районах расположения скважин дегазации – в 4–5 раз.

Геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ могут использоваться для оперативных мониторинговых наблюдений, а также решения специфических задач на объектах нефтегазового комплекса.

Заключительные замечания. Выше в тезисной форме представлены результаты очередных (и достаточно успешных, по мнению авторов) полевых экспериментов, проведенных с использованием инновационной экспресс-технологии геоэлектрических исследований СКИП–ВЭРЗ. Полученные результаты свидетельствуют о практической возможности использования этой технологии для оперативного решения специфических задач нефтегазопромыслового и мониторингового характера, а также являются веским аргументом в пользу целесообразности более широкого применения технологии СКИП–ВЭРЗ в геологоразведочном процессе на нефть и газ. Авторы считают целесообразным еще раз вкратце акцентировать внимание на характерных особенностях и преимуществах технологии СКИП–ВЭРЗ, а также тех задачах, которые данная технология позволяет решать оперативно и в достаточной степени эффективно.

1. Исключительно важная особенность технологии СКИП–ВЭРЗ – это *оперативность*(!) решения конкретных практических задач. Для описанной выше нестандартной ситуации на месторождении *оперативность технологии имеет решающее значение*. Всего за один день полевых работ руководство технического персонала промысла получило значительный объем оперативной информации, позволяющей вполне обоснованно оценить как масштабы и возможные причины формирования техногенной залежи, так и те угрозы, которые она может представлять расположенным поблизости населенным пунктам. Например, наложение карты-схемы распространения “техногенной” залежи газа на карту расположения скважин показало, что эта залежь не распространяется за пределы месторождения и, следовательно, не представляет существенной угрозы для близлежащих населенных пунктов.

Здесь целесообразно еще раз отметить, что изначальная ориентация на создание эффективной *экспресс-технологии оперативного решения* инженерно-геологических и геолого-геофизических задач оказалась в полной мере оправданной. Именно высокая оперативность сделала эту технологию востребованной (а может, даже незаменимой) при изучении причин

и явлений природного и техногенного характера, влияющих на возникновение и прохождение (протекание) опасных геологических процессов: оползней, провалов, разрушение фундаментов зданий и промышленных сооружений, протекание карстовых процессов и др.

То обстоятельство, что данная технология позволяет практически во всех случаях выдавать конкретные практические рекомендации непосредственно в поле, в процессе проведения полевых работ (т. е. без традиционного для подавляющего большинства методов этапа количественной интерпретации данных полевых измерений с использованием компьютерных технологий моделирования или решения обратных задач), является, с одной стороны, важным и определяющим ее преимуществом и, с другой – делает ее конкурентоспособной на бурно развивающемся рынке геофизических услуг.

2. В практике применения технологии СКИП–ВЭРЗ на объектах нефтегазового комплекса проведенные эксперименты можно считать уникальными в плане длительности промежутка времени между обнаружением “залежи” и получением притоков УВ – этот временной интервал составляет несколько дней. Именно получение притоков газа из интервалов перфорации в скв. 37, определенных зондированием ВЭРЗ, убедило руководство технического персонала промысла в достоверности полученных геоэлектрическими методами данных. Это же обстоятельство способствовало также принятию решения о проведении через неделю повторных работ детализационного характера. Авторы работ убеждены, что полученные после перфорации скв. 37 горящий факел газа и струя воды (см. рис. 8) – убедительные свидетельства в пользу эффективности технологии СКИП–ВЭРЗ и достоверности (полезности) получаемых с их помощью данных. При этом напомним еще раз, что геоэлектрические методы СКИП–ВЭРЗ в настоящее время достаточно широко и активно используются для оперативного решения широкого спектра задач приповерхностной геофизики (другими словами, указанные геоэлектрические методы “признаны” специалистами экологического, инженерно-геологического, гидрогеологического профиля) [11, 13–16, 18].
3. Оперативность технологии в целом и практический опыт повторных измерений засвидетельствовали возможность использования методов СКИП–ВЭРЗ для оперативных наблюдений мониторингового характера, которые могут быть проведены на месторождении после бурения дегазирующих скважин с целью контроля процесса откачки газа из “техногенной” залежи.

Результаты геоэлектрических исследований на месторождении на третьем и четвертом этапах (см. рис. 3, 7, 9) практически демонстрируют эффективность и работоспособность технологии СКИП–ВЭРЗ в режиме мониторинга. Выполненные экспериментальные работы показали, что процесс откачки газа из “техногенной” залежи может быть прослежен (и прослеживается) во времени технологией СКИП–ВЭРЗ. Размещение дополнительных дегазирующих скважин для полной откачки газа целесообразно осуществлять с учетом данных мониторинговых работ методами СКИП–ВЭРЗ.

4. Важной особенностью технологии следует считать практическую возможность ее применения при существенных техногенных помехах. Известные геоэлектрические и электромагнитные методы в такой ситуации могут оказаться неэффективными или слабоэффективными. В частности, об этом идет речь и в публикации [1], где утверждается что “широкому использованию электроразведки на нефтегазовых объектах препятствует высокий уровень промышленных электромагнитных помех”. Для исключения из сигнала ЗС–ВП регулярных промышленных помех в [1] предлагается использовать новую методику высокоточных адаптивных измерений в электроразведке ЗС–ВП, в которой при обработке из сигнала ЗС–ВП вычитают “сигнал компенсации помехи”.
5. Технология СКИП–ВЭРЗ может использоваться для оперативного обследования перспективных площадей и участков в рекогносцировочном режиме для их ранжирования по степени очередности проведения дополнительного комплекса детальных геолого-геофизических работ с целью локального прогноза перспектив нефтегазоносности. Более детально конкретные предложения по применению экспресс-технологии для этих целей изложены в публикациях [5,9].

В частности, в статье [9] представлены результаты рекогносцировочных исследований на крупнейшем в Украине Шебелинском газоконденсатном месторождении (ГКМ), полевые работы на котором проведены во время одной экспедиции, организованной с целью рекогносцировочного обследования четырех перспективных участков, выделенных по имеющимся геолого-геофизическим данным в Полтавской области. Длительность полевой экспедиции одна неделя. Результаты этой экспедиции показывают, что за один год вполне реально обследовать методами СКИП–ВЭРЗ в рекогносцировочном режиме 125–150 перспективных структур, участков или площадей, что

позволит выделить наиболее перспективные объекты (и осуществить их ранжирование по приоритету очередности) для детального изучения комплексом геофизических методов (в первую очередь сейсмических) и бурения. Во время проведения такого рода работ параллельно могут быть выполнены маршрутные измерения методом СКИП вдоль одного или двух профилей и методом ВЭРЗ интервалов расположения продуктивных горизонтов в районах расположения одной-двух продуктивных скважин на 20–25 известных месторождениях нефти и газа, расположенных в районах проведения рекогносцировочных работ. С одной стороны, геоэлектрические измерения на известных месторождениях позволят расширить статистическую базу апробации технологии на изученных месторождениях и, соответственно, оценить на основе статистически представительной выборки эффективность технологии СКИП–ВЭРЗ. С другой стороны, результаты рекогносцировочных работ на Шебелинском месторождении [9] свидетельствуют, что в окрестностях известных месторождений такими работами могут быть обнаружены и закартированы представляющие практический интерес нефтегазоперспективные объекты.

Авторы уверены, что проведение подобного рода рекогносцировочных исследований методами СКИП–ВЭРЗ позволит *существенным образом ускорить и оптимизировать* геолого-разведочный процесс на нефть и газ как в Украине, так и в других нефтегазодобывающих регионах.

6. Экспериментальные работы методами СКИП–ВЭРЗ на трех шахтах в Донбассе показали принципиальную возможность обнаружения и картирования участков повышенного газонасыщения углей и вмещающих их пород в пределах шахтных полей [4]. Результаты работ свидетельствуют, что исследованиями ВЭРЗ по детальной методике могут прослеживаться по площади и отдельные угольные пласты. Геоэлектрические исследования на шахте Суходольская-Восточная показали также, что при проведении такого рода работ могут быть обнаружены скопления газа в больших объемах в тектонически экранированных ловушках.
7. Практические эксперименты в сезонных работах 9-й и 11-й украинских антарктических экспедиций свидетельствуют о возможности применения технологии для изучения глубинной структуры земной коры и верхней мантии [17], а также поисков скоплений нефти и газа в морских и океанических акваториях.
8. Описанные в настоящем сообщении экспериментальные работы на месторождении УВ указывают на практическую возможность и целе-

сообразность применения технологии СКИП–ВЭРЗ для решения определенных экологических задач в пределах разрабатываемых месторождений. Перечень некоторых важных проблем экологического характера, возникающих при разработке месторождений УВ, приводится в публикации [21].

9. Технология СКИП–ВЭРЗ продемонстрировала свою эффективность при поисках и картировании водоносных горизонтов в осадочных породах, а также в разломных зонах кристаллического фундамента. Такого рода работы могут оперативно проводиться и для нужд нефте- и газодобычи.
10. Целесообразно также провести детальные эксперименты с целью изучения возможности применения метода ВЭРЗ для обнаружения пропущенных нефтяных или газовых пластов.
11. Метод ВЭРЗ может эффективно использоваться для прослеживания по площади выделенных в скважинах продуктивных пластов.
12. Результаты экспериментальных работ по исследованию возможности проведения геоэлектрической съемки методом СКИП с борта самолета в пределах Собинского нефтегазового месторождения [6] и Костанайской нефтегазоперспективной площади [8] свидетельствуют де-факто о создании воздушной модификации съемки СКИП – метода аэроСКИП. Он является эффективной и экономичной технологией для оперативного обследования с нефтегазоперспективными целями обширных, удаленных и труднодоступных нефтегазоперспективных территорий. Практическое применение этой технологии (методов аэроСКИП, СКИП и ВЭРЗ) на начальных этапах нефтегазоперспективных работ позволяет значительным образом ускорить геологоразведочный процесс на нефть и газ в целом.
13. Анализ и сопоставление многочисленных результатов применения при поисках УВ геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ с материалами сейсмических работ показали следующее: а) аномалии типа “залежь” (АТЗ) фиксируются, в основном, непосредственно над месторождениями и структурами, установленными по сейсмическим данным; б) достаточно часто АТЗ покрывают только отдельные фрагменты структур; в) известны случаи, когда над выделенными структурами не фиксируются АТЗ; г) продуктивные скважины попадают обычно в контуры АТЗ; д) над ловушками УВ неструктурного типа также регистрируются АТЗ; е) в пределах зон АТЗ зондированием ВЭРЗ фиксируются АПП типа “газ” и “нефть”, глубины их залегания и мощности определяются при этом с приемлемой точностью. Все эти установленные многочисленны-

ми полевыми экспериментами факты указывают на практическую целесообразность комплексования технологии СКИП–ВЭРЗ с сейсмическими и другими геолого-геофизическими методами поисков нефти и газа.

14. Результаты экспериментальных геоэлектрических исследований на ряде площадей Днепровско-Донецкой впадины, в том числе Шебелинском [9] и Кобзевском [6] газоконденсатных месторождениях подтвердили как перспективы нефтегазоносности глубинных (свыше 6000 м) горизонтов осадочного чехла, так и возможность и реальность применения экспресс-методов СКИП и ВЭРЗ для их оперативного изучения.
 15. Оперативность проведения полевых геоэлектрических измерений с использованием технологии СКИП–ВЭРЗ позволяет применять ее на этапах предварительной оценки перспективности лицензионных участков, что может способствовать понижению показателя риска при принятии решений по конкретным объектам.
1. *Безрук И.А.* Методика высокоточных адаптивных измерений в электроразведке ЗС-ВП // Геофизика, ЕАГО. – 2008. – № 4. – С. 52 – 54.
 2. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.* Электро-резонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии // Геол. журнал. – 2003. – № 4. – С. 24 – 28.
 3. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Таскинбаев К.М.* Поиски и разведка скоплений углеводородов геоэлектрическими методами на нефтяных месторождениях Западного Казахстана // Георесурсы. – 2003. – № 1. – С. 31–37.
 4. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. и др.* Обнаружение и картирование геоэлектрическими методами зон повышенного газонасыщения на угольных шахтах // Геофизика, ЕАГО. – 2006. – № 2. – С. 58–63.
 5. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.* Экспресс-технология “прямых” поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
 6. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Червоный Н.П.* Экспресс-технология прямых поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: новые возможности ускорения геологоразведочного процесса на нефть и газ // Нефт. хоз-во. – 2008. – № 2. – С. 112–117.
 7. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., и др.* Детальные геоэлектрические исследования нефтегазоперспективных участков при выборе мест заложения скважин // Георесурсы. – 2007. – № 4(23). – С. 24–27.
 8. *Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., и др.* Реконструированные воздушные и детализационные наземные геоэлектрические исследования на Костанайской нефтегазоперспективной площади // Геоинформатика. – 2008. – № 1. – С. 18–27.
 9. *Шуман В.Н., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.* Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива // Там же. – 2008. – № 2. – С. 22–50.
 10. *Auken E., Pellerin L., Christensen N. B., Sørensen K. I.* A survey of current trends in near-surface electrical and

- electromagnetic methods // *Geophysics*. – 2006. – **71**. G249 – G260.
11. *Bokovoy V.P., Levashov S.P., Yakymchuk M.A. et al.* Mudslide area and moistening zones mapping with geophysical methods on the slope of the Dniper river in Kyiv // 65nd EAGE Conf. & Exhibition. – Stavanger, Norway, 2003. Extended Abstracts, P208. – 4 p.
 12. *Anderson Ch., Long A., Ziolkowski A., Hobbs B., Wright D.* Multi-transient EM technology in practice // *First break*. – 2008. – **26**, №3, 2008. – P. 93– 102.
 13. *Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N., et al.* Electric-resonance sounding method and its application for the ecological, geological-geophysical and engineering-geological investigations // 66nd EAGE Conf. & Exhibition. – Paris, France, 2004. – Extended Abstracts P035. – 4 p.
 14. *Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N.* Express-technology of geoelectric and seismic-acoustic investigations in ecology, geophysics and civil engineering // *Near Surface* – 2005 – 11th Eur. Meet. of Environmental and Engineering Geophysics. – Palermo, Italy, 2005. – Extended Abstracts P046. – 4 p.
 15. *Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N., et al.* Geophysical Investigations of Soil Stabilization Quality on the Metro Unit underground Construction in Kyiv // *Near Surface* 2005 – 11th Eur. Meet. of Environmental and Engineering Geophysics. – Palermo, Italy, 2005. – Extended Abstracts P016. – 4 p.
 16. *Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. et al.* Geophysical investigations within the cave field of the Kyiv-Pechersk Lavra // 68nd EAGE Conf. & Exhibition. – Vienna, Austria, 2006. – Extended Abstracts P223. – 4 p.
 17. *Levashov, S.P., Yakymchuk, N.A., Korchagin, I.N. et al.* Drake Passage and Bransfield Strait – new geophysical data and modelling of the crustal structure, in Antarctica // *A Keystone in a Changing World – Online Proceed. of the 10th ISAES X* / Eds. by A. K. Cooper, C. R. Raymond et al. – USGS Open-File Report, 2007-1047. – Extended Abstract 028. – 4 p.
 18. *Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Prilukov V.V.* Monitoring of engineering-geological conditions along area of the surface bedding underground // 70nd EAGE Conf. & Exhibition. – Rome, Italy, 2008. – Extended Abstracts P098. – 4 p.
 19. *L. Pellerin.* Applications of Electrical and Electromagnetic Methods for Environmental and Geotechnical Investigations // *Surveys in Geophysics*. – 2002. – **23**. – P. 101–132.
 20. *Maxwell A. Meju.* Geoelectromagnetic exploration for natural resources: models, case studies and challenges // *Ibid.* – P. 133–205.
 21. *Salmanov A., Jafarov F.A.* Major Trends of Environmental Policy of SOCAR // *Int. Conf. “Petroleum Geology & Hydrocarbon Potential of Caspian and Black Sea Regions”*. – Baku, Azerbaijan, 2008. – Extended Abstract A40. – 2 p.
 22. *Sheard S.N., Ritchie T.J., Christopherson Karen R., Brand E.* Mining, environmental, petroleum, and engineering industry applications of electromagnetic techniques in geophysics // *Surveys in Geophysics*. – 2005. – **26**. – P. 653–669. – Springer 2005. DOI 10.1007/s10712–005–1760–0/.
 23. *Tezkan B.* A review of environmental quasi-stationary electromagnetic techniques // *Surveys in Geophysics*. – 1999. – **20**. – P. 279 – 308.

Поступила в редакцию 14.01.2009 г.

С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Б.Б. Синюк

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ, КАРТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ “ЗАЛЕЖИ” ГАЗА ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Приводятся практические результаты экспериментального применения в 2008 г. нетрадиционных геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (экспресс-технологии СКИП–ВЭРЗ) при мониторинговых наблюдениях за откачкой газа из “техногенной” залежи. Площадной съемкой методом СКИП на месторождении углеводородов выявлена и закартирована зона проникновения газа в верхние водоносные горизонты разреза. Глубины расположения водоносных коллекторов и газового пласта определены зондированием ВЭРЗ. По данным измерений методами СКИП–ВЭРЗ заложены дополнительные скважины для откачки газа. Многократные полевые измерения показали, что процесс откачки газа из “техногенной” залежи может быть прослежен (и прослеживается) во времени технологией СКИП–ВЭРЗ. Результаты экспериментов свидетельствуют о практической возможности использования этих методов для оперативного решения специфических задач нефте- и газодобычи, а также являются еще одним веским аргументом в пользу целесообразности более широкого применения технологии СКИП–ВЭРЗ в геологоразведочном процессе на нефть и газ.

С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін, Б.Б. Синюк

ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ОПЕРАТИВНОГО ВИЯВЛЕННЯ, КАРТУВАННЯ І МОНИТОРИНГУ ТЕХНОГЕННОГО “ПОКЛАДУ” ГАЗУ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Наведено практичні результати експериментального застосування в 2008 р. нетрадиційних геоелектричних методів становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) та вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) (експрес-технології СКІП–ВЕРЗ) під час моніторингових спостережень за відкачуванням газу із “техногенного” покладу. Площинною зйомкою методом СКІП на родовищі вуглеводнів виявлено та закартовано зону проникнення газу у верхні водоносні горизонти розрізу. Глибини розміщення водоносних колекторів та газового пласта визначені зондуванням ВЕРЗ. За даними вимірів методами СКІП–ВЕРЗ закладені додаткові свердловини для відкачування газу. Багаторазові польові виміри показали, що процес відкачування газу з “техногенного” покладу може бути простежений (і простежується) в часі технологією СКІП–ВЕРЗ. Результати експериментів засвідчують практичну можливість використання цих методів для оперативного вирішення специфічних завдань нафто- та газодобування, а також є ще одним вагомим аргументом на користь доцільності більш широкого застосування технології СКІП–ВЕРЗ у геологорозвідувальному процесі на нафту та газ.