

УДК 504.5.06

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art77

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ НАВЕДЕНИЕ ПРОТИВОФОНТАННЫХ СКВАЖИН ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ СЛУЧАЕВ АВАРИЙНОГО ФОНТАНИРОВАНИЯ НА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

Векслер В.И., Перекалин С.О., Щепанский В.А., Острецов Г.Ф.

ООО НПФ «ГеЛА»

E-mail: s\_perekalin@mail.ru

**Аннотация.** В статье приводится информация об электромагнитном методе наведения противofонтанных скважин, излагается история его развития и приводятся примеры его применения при ликвидации открытых фонтанов.

**Ключевые слова:** аварийное фонтанирование нефти и газа, кратер, грифон, противofонтанная скважина, электромагнитный метод наведения скважин.

## **ELECTROMAGNETIC GUIDANCE OF ANTI-FLOWING WELLS FOR COMPLEX EMERGENCY FLOWS ELIMINATION ON OIL AND GAS FIELDS**

Veksler V.I., Perekalin S.O., Shchepanskiy V.A., Ostretsov G.F.

OJSC NPF «GeLA»

E-mail: s\_perekalin@mail.ru

**Abstract.** The article provides information about the electromagnetic method of anti-flowing wells guidance, describes the history of its development and provides examples of its use in the open flows elimination.

**Keywords:** emergency oil and gas flowing, crater, gas spring, anti-flowing well, electromagnetic method of well guidance.

Бурение и эксплуатация нефтяных и газовых скважин всегда сопровождалось возникновением аварийных ситуаций, иногда переходящих в открытые фонтаны. Фонтаны приводят к гибели оборудования, уничтожению огромных запасов нефти и газа, парализует деятельность не только буровых, но и других предприятий района аварии. Задерживается, а иногда делается невозможным освоение выявленных запасов энергетического сырья. Создается опасность для населенных пунктов. Фонтаны оказывают вредное воздействие на природу, токсичными продуктами отравляется

атмосфера, загрязняются водоемы. При возникновении и ликвидации аварии нередко гибнут люди.

Как правило возникновение фонтанов связано с нарушением технологии ведения работ. При этом одновременно должно произойти два события: снижение противодавления на продуктивный пласт (недолив или падение плотности бурового раствора), и неисправность превенторного оборудования или наличие дефектов в креплении скважины (повреждение колонны, плохой цементаж).

Ликвидация аварий связана в первую очередь с восстановлением противодавления на продуктивный пласт. Подавляющее большинство аварий может быть ликвидировано работами на устье: установка новой запорной арматуры, задавка раствора напрямую или через принудительно спущенные буровые трубы. Но в отдельных особо тяжелых случаях это сделать невозможно. Признаками таких аварий является разрушение устья с возникновением кратера, заполненного пульпой, грифообразование, наличие в стволе прихваченного бурового инструмента, повреждение обсадной колонны. В этом случае бурят вспомогательные противofонтанные скважины с целью на заданной глубине приблизиться к аварийному стволу и установить с ним гидравлическую связь либо в продуктивном пласте, либо путем гидроразрыва в перекрывающем его горизонте непроницаемых пород. Эффективность этого способа глушения напрямую связана с обеспечением дебита поступления задавочного раствора в аварийный ствол, т. е. в конечном счете от того насколько близко противofонтанный ствол приблизится к аварийному на заданной глубине. Возможно также пресечение поступления газа на поверхность путем смятия обсадной колонны в непроницаемом пласте с помощью мощного взрыва в противofонтанной скважине. Для успешной работы этого метода при взрыве аварийная колонна должна обязательно оказаться в зоне уплотнения пород, для чего необходимо знание расстояния между противofонтанной и аварийной скважинами на глубине размещения заряда.

Координаты скважины на глубине рассчитываются по данным инклинометрии путем последовательного суммирования их приращений вычисленных по всем точкам измерений. В следствии накопления систематической погрешности вероятное плановое положение ствола на глубине находится в пределах некоторого конуса радиус которого по данным исследований составляет около 1% от глубины [4]. Т. о. успех ликвидации аварии

при отсутствии независимого контроля расстояния между скважинами также носит вероятностный характер.

Электромагнитный метод, позволяющий определять расстояние до аварийных труб на глубине, переводит процесс ликвидации аварии из вероятностного в детерминированный.

Электромагнитный метод был разработан В.И. Векслером (ЦНИГРИ) для поисков рудных тел низкого удельного сопротивления в околоскважинном пространстве [1].

Схема работы метода представлена на рисунке 1. В ствол противofонтанной скважины спускают зонд, включающий трехкомпонентный датчик переменного магнитного поля и расположенный выше него скважинный питающий электрод. Второй питающий электрод обычно заземляют на устье. Через электроды пропускают переменный ток. В отсутствие вблизи металлических проводников переменное магнитное поле на оси питающего кабеля в районе датчика близко к нулю. Если вблизи в аварийном стволе находится колонна обсадных или бурильных труб, в ней возбуждается аномальный электрический ток. Ток создает аномальное магнитное поле, силовые линии которого согласно закону Био-Савара представляют концентрические окружности с осью вдоль искомой колонны. Вектор этого магнитного поля, регистрируемый датчиком, представляет собой нормаль к плоскости, содержащей колонну и точку измерений. След этой плоскости на проекции перпендикулярной аварийному стволу (засечка) является направлением из точки измерений на аварийный ствол. Положение аварийного ствола определяется как пересечение засечек, построенных в нескольких точках измерения (Рис.1б). Для проведения прямой стыковки с аварийным стволом необходимо таким образом выбирать траекторию наводимого ствола, чтобы измеряемый вектор переменного аномального магнитного поля был бы перпендикулярен его траектории. По мере приближения к аварийному стволу, точность определения его положения растет и в конце концов делается соизмеримой с диаметром долота, что и означает прямую стыковку стволов [2].

Впервые задача определения взаимного расположения стволов скважин возникла в связи с острой необходимостью ликвидировать газовый фонтан на месторождении Урта-Булак (Узбекистан), возникший на скважине № 1. Фонтан (факел) существовал с декабря 1963 года с дебитом газа 13–18 млн м<sup>3</sup>/сутки и проводившиеся до лета 1966 года работы по его ликвидации [3] оказались бесполезны из-за двух осложняющих обстоятельств. Во-

первых, оказалась повреждена техническая колонна, что привело к грифонообразованию и исключило возможность ликвидации фонтана с устья. Во-вторых, полностью отсутствовали данные по инклинометрии аварийной скважины и потому 13 стволов противofонтанных скважин, пробуренных в район ствола аварийной скважины, успеха не принесли.

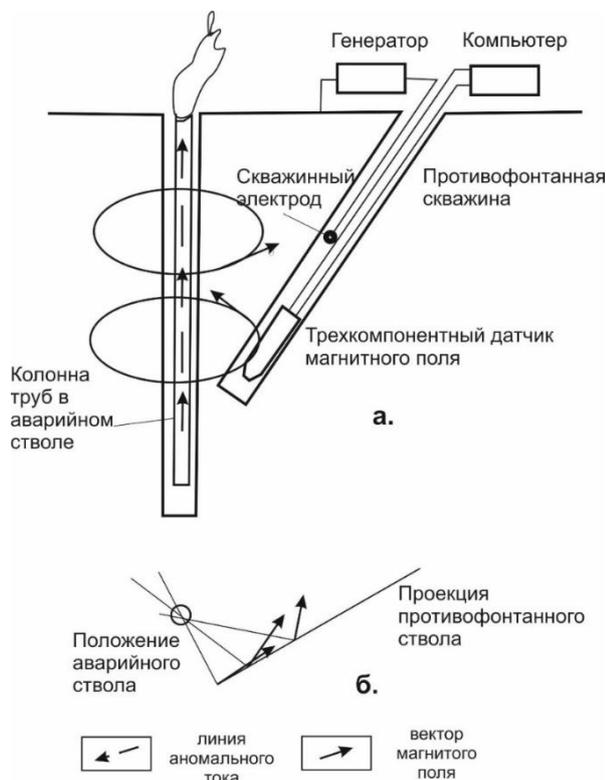


Рис. 1 Схема электромагнитного метода

В такой обстановке весной 1966 года был предложен электромагнитный способ поиска и наведения скважин, и на базе рудной аппаратуры САФИ срочно разработана и изготовлена аппаратура АНС, и в апреле-августе проведены работы по определению местоположения ствола аварийной скважины.

Результаты работ изображены на рис.2. Измерения магнитного поля проводились в наклонно-направленной скважине № 1-с и в двух стволах скважины № 2-с. Во всех трех стволах получены четкие картины векторов аномального магнитного поля, по которым методом засечек отмечается местоположение ствола аварийной скважины относительно стволов наклонно-направленных скважин. Анализ возможных погрешностей позволил оценить и «радиус доверия» найденного положения аварийной скважины, который составил 5 метров. Такая точность оказалась вполне достаточной для успешной ликвидации фонтана с помощью камуфлетного ядерного взрыва [3].

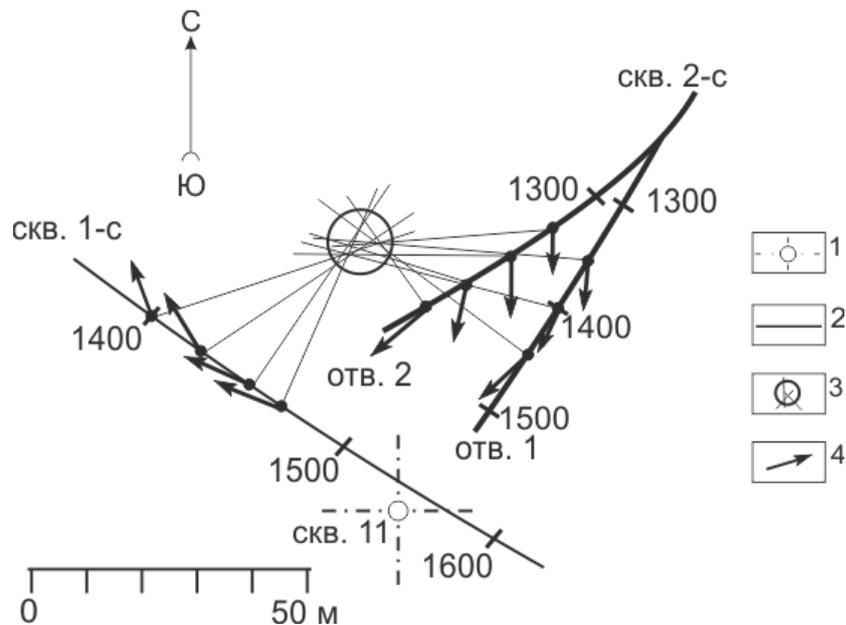


Рис.2. Горизонтальная проекция стволов скважин и результаты определения фактического положения аварийного ствола электромагнитным методом.

1 – устье аварийной скважины; 2 – проекции плоскостей перпендикулярных вектору магнитного поля; 3 – фактическое положение аварийного ствола по данным электромагнитного метода; 4 – вектор аномального магнитного поля.

Первая успешная прямая стыковка противofонтанной скважины с аварийным стволом была осуществлена в 1970 году для ликвидации фонтана на скважине № 4 площади Етым-Таг (Афганистан). Стволы противofонтанной скважины направлялись электромагнитным методом. Расстояние между аварийным и противofонтанными стволами последовательно сокращалось: 10 м; 2 м; 1 м и наконец стыковка. В результате аварийный ствол был затампонирован.

Хотя первая успешная стыковка стволов с целью ликвидации аварийного фонтанирования уже была осуществлена, в семидесятые годы прошлого века в силу традиционного подхода электромагнитный метод использовался в основном для определения глубины кратчайшего сближения противofонтанного ствола с аварийным и определения расстояния между ними, т. е. обслуживая методики ликвидации с помощью гидроразрыва пласта и ядерного взрыва. Для производства таких работ специалисты ЦНИГРИ приказом министра направлялись в ту или иную буровую организацию. Среди этих работ можно назвать ликвидацию аварийного фонтанирования на площадях Майская и Котур-Тепе (Туркменистан), на площади Пелятка (низовья Енисей).

Новый толчок в развитии метод получил в связи с работами по ликвидации аварийного фонтанирования на скважине № 9 Кумжа (устье Печоры) ликвидировать

которое было невозможно никаким другим способом кроме прямой стыковки стволов противofонтанной и аварийной скважин: на скважине образовался кратер 200 м диаметром, а скважина была обсажена эксплуатационной колонной[5]. Не помог ни ядерный взрыв, ни двухлетнее нагнетание жидкости в пласт пересекающий зону перфорации. В этот период под руководством В.И. Векслера в НПО «Сибцветметавтоматика» (В.А. Щепанский) была разработана новая специальная аппаратура АПС-1 (аппаратура поиска ствола), а для внедрения этих разработок создана полевая партия при ЦОМЭ ГИС. С аппаратурой АПС в ходе бурения противofонтанной скважины 27бис была достигнута рекордная дальность обнаружения аварийного ствола - 120 м (Рис.3). Последующими работами была осуществлена прямая стыковка с аварийным стволом на глубине 1003 м. Ствол противofонтанной скважины был обсажен, после чего три колонны в аварийной скважине были вскрыты торцевым фрезом и затампонированы в результате чего многолетний фонтан прекратил существование.

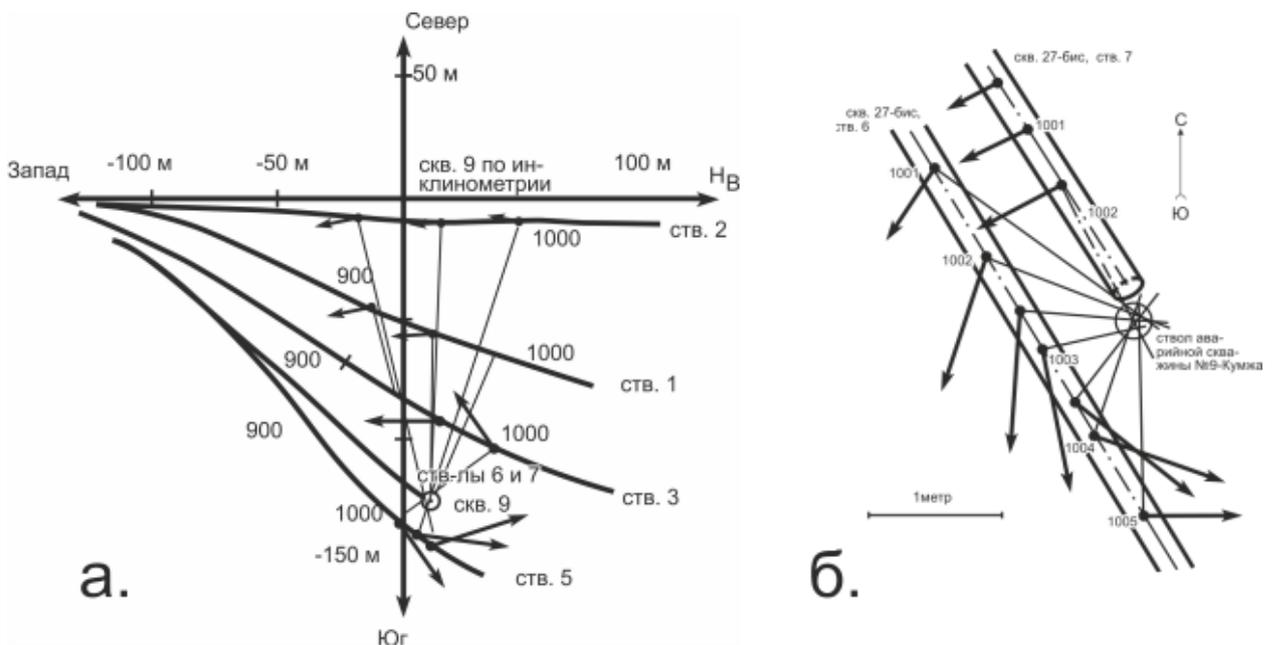


Рис.3 Проекция стволов противofонтанной скважины 27 бис на плоскость перпендикулярную аварийному стволу в районе отметки 1000 м  
 а. мелкий масштаб; б. крупный масштаб. Условные обозначения на рисунке 2

В этом же году методом прямой стыковки стволов были ликвидированы еще две аварии: на скважине № 10 Матвеевской (Полтавская область) и на скважине № 55 Харасавэйской (Ямал). После этих работ технология электромагнитного наведения с целью прямой стыковки стволов получила всеобщее признание.

В 1991 году В.И Векслером была создана фирма «ГеЛА» (Геофизика и Ликвидация Аварий). Она укомплектована специалистами, работавшими ранее в трёх различных организациях: ЦНИГРИ, СИБЦВЕТМЕТАВТОМАТИКА и ЦОМЭ ГИС, объединившимися для решения задач навигации наклонно-направленного бурения при ликвидации аварийного фонтанирования нефти и газа. В девяностые годы специалистами фирмы с помощью технологии электромагнитного наведения были ликвидированы аварии на скважине №427 Карачаганак (Казахстан), №6 Дмитровской (Дагестан), №2 Ванкорской, №25 Усть-Томи (Сахалин), №111 Карашурской (Удмуртия).

На скважине №111 на Карашурском газовом хранилище в стволе, вскрывшем тульский горизонт, объект предполагавшийся для хранения газа, был оставлен неизвлекаемый бурильный инструмент. С помощью электромагнитного метода осуществлено проникновение в аварийный ствол под долотом оставленного в скважине неизвлекаемого бурильного инструмента. Стыковочный ствол коснулся долота оставленного инструмента и прошел в аварийный ствол. В результате проведенных работ аварийный ствол вскрывший горизонт, предназначенный для хранения газа, был затампонирован, и тем самым предотвращена возможная утечка газа из строящегося хранилища.

Последнее время Госгортехнадзор стал строже подходить к качеству ликвидации скважин: ликвидированной считается не та скважина, на которой прекратилось фонтанирование, а та у которой ствол зацементирован на уровне перекрывающего пласты непроницаемого горизонта. Последние работы, проводившиеся на Анастасиевско-Троицком месторождении, проходили по следующей схеме. Сначала бурилась скважина в продуктивный пласт, газ путем закачки воды оттеснялся от забоя и открытое фонтанирование прекращалось. После этого бурилась вторая скважина, наводимая электромагнитным методом с целью стыковаться с аварийным стволом в области непроницаемых пород над продуктивным пластом и провести цементаж аварийного ствола. Этот подход вполне обоснован: по прошествии десятков лет должным образом не затампонированный ствол может явиться причиной новой аварии.

Примером могут служить работы по ликвидации аварийной скважины №16 на Кирюшинском газовом хранилище (Оренбургская область). В 1953 году на разведочной скважине № 16 при забое 462 м возник аварийный фонтан, на устье образовался кратер, а в скважине была оставлена не зацементированная колонна. Для ликвидации фонтана было

пробурено 3 скважины №16-1, №16-3 и №18 через которые нагнетали воду раствор и цемент. Через полтора года аварию удалось остановить. В последующие годы месторождение было добыто и в 1973 году на его месте построено газовое хранилище, которое успешно эксплуатировалось до 2006 года. В 2006 г в сотне метров от кратера, превратившегося в пруд, была пробурена наблюдательная скважина №688. Возможно изменения давления в пласте хранения (бывшем продуктивном пласте), происходившие в процессе бурения как-то подействовали на аварийный ствол, только внезапно фонтан из кратера возобновился практически с прежней силой. Работу хранилища пришлось остановить. Повторная ликвидация аварии представляла непростую задачу. Ствол скважины № 16 должен был быть зацементирован на глубине перекрывающих пласт ангидритов в интервале 308–338 м. Инклинометрия аварийного ствола отсутствовала, а, следовательно, согласно опыту работ [4], на глубине стыковки нужно было предполагать радиус круга его вероятного нахождения 9 м (3% от глубины). Но именно в этой области находились металлические обсадные колонны прежних противофонтанных скважин. Чтобы сузить неопределенность, необходимо было уточнить положение аварийного ствола на глубине, где посторонний металл находился далеко, а потом вести ствол в конкретную точку. План работ представлен на рисунке 4.

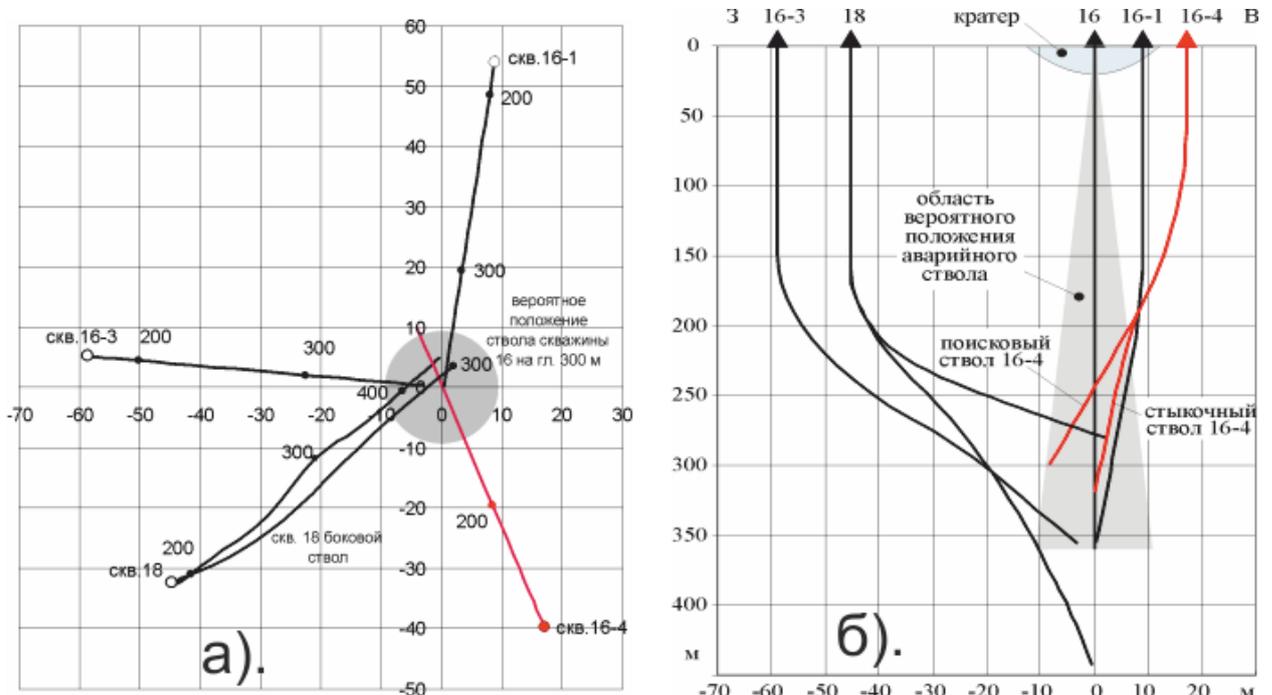


Рис.4. План ликвидации аварии на скважине 16 Кирюшенской.

а). Горизонтальная проекция стволов скважин; б). Вертикальная проекция стволов скважин  
Красным показан стволы противофонтанной скважины №16-4



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авторское свидетельство № 206738, 27.06.66. Способ геоэлектроразведки. *Векслер В.И. и др.*
2. Авторское свидетельство № 214678, 21.03.66. Способ наведения забоя одной скважины на ствол второй. *Векслер В.И. и др.*
3. *Игrevский В.И., Мангушев К.И.* Предупреждение и ликвидация нефтяных и газовых фонтанов. М.: Недра, 1974.
4. *Векслер В.И., Перекалин С.О., Слонимский А.Р., Острецов Г.Ф.* Опыт применения электромагнитного наведения скважин при ликвидации аварийного фонтанирования нефти и газа // Каротажник. 2000. № 73.
5. *Богоявленский В.И., Бойчук В.М., Перекалин С.О., Богоявленский И.В., Каргина Т.Н.* Катастрофа Кумжи // Бурение и нефть. 2017. № 1.
6. *Векслер В.И., Литвинов Л.Н., Перекалин С.О., Овчинников В.Г., Турумтаев А.Р.* Опыт ликвидации аварийной скважины на подземном хранилище газа (ПХГ) методом прямой стыковки стволов на заданной глубине // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2017. № 1.