

## ГЕОЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Chistyakov V.K. (St.-Petersburg State Mining Institute)

### Geoethical problems of well drilling under the complicated conditions

#### Abstract

*One of most informative and effective methods for studying our planet as unique objects of researches for a lot of natural sciences and potential sphere of developing its mineral deposits now and in the near future are drilling exploratory and production wells. Specific geological, climatic, ecological, logistics and other organization problems require perfection existing and development of new methods of well drilling with use highly effective, resource saving and environmental safety technologies. Intensity and scales of these complications increase in extremely complex natural and organizational conditions – drilling in unstable and permafrost formations; water-deprived areas, Polar Regions, off-shore and deep sea drilling. Scales of arising problems including those of geoethics can change from local up to regional and even global scale.*

*One of the major geoethical problems is the problem of interaction of the nature with the arising mining industry. It is necessary to ascertain that at the present level they are very wide in their scope and the situation quickly becomes to be worse. Prime administrative and technical measures for the successful decision of geoethical problems of wells drilling under the complicated conditions are formulated.*

\*\*\*

В последние десятилетия взаимоотношения человека и окружающей среды находятся в центре внимания всего мирового сообщества. Академик П.Л.Капица еще в середине 1970-х гг. выделил три наиболее значимых аспекта проблемы отношений человека и природы:

- 1) технико-экономический, связанный с истощением природных ресурсов земного шара;
- 2) экологический, связанный с биологическим равновесием человека с живой природой при глобальном загрязнении окружающей среды;
- 3) социально-политический, связанный с необходимостью решения этих проблем в масштабе всего человечества.

Вовлечение все новых и новых природных ресурсов в индустриальное производство, увеличение численности населения, урбанизация и другие факторы выдвигают необходимость решения этой проблемы как геоэтической.

Бурение скважин является одним из эффективнейших методов не только изучения глубинного строения нашей планеты, поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, но и добычи минеральных и энергетических ресурсов земных недр, освоения человечеством подземного про-странства, а в последнее время становится и важнейшим методом изучения и освоения космических объектов. Этому способствует постоянно возрастающая технологичность, как самого процесса бурения скважин, так и их использования для изучения разнообразных природных объектов, в горном, строительном и других производствах. Высокая производительность, низкая себестоимость, информативность, безопасность и целый ряд других преимуществ определяют все возрастающую роль бурения в научной и производственной сферах деятельности человечества [5].

Постоянное увеличение объемов и глубин бурения скважин различного назначения в сложных горногеологических условиях определяют актуальность проблемы их взаимодействия с окружающей природной средой (ОПС), что, несомненно, требует решения целого ряда Геоэтических проблем. Прежде всего, это связано с экологической и производственной безопасностью проведения работ, связанных с бурением скважин и последующим использованием их в различных технологиях (информационных, эксплуатационных, строительных и пр.). Основной специфической особенностью горных пород, определяющей трудности бурения и освоения скважин, является существенная зависимость их состава, строения и свойств от изменения естественных условий их залегания при разведке и

эксплуатации месторождении полезных ископаемых и всех других видах научной и хозяйственной деятельности.

Экологическая безопасность при проведении буровых работ – это отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба объектам ОПС технологиям бурения скважин и их элементами. Потенциальными источниками загрязнения среды или объектами оценки экологической безопасности при бурении скважин различного назначения являются [3]:

- все виды оборудования, механизмов, устройств и инструмента технических средств, используемых в любых технологических операциях;
- материалы, реагенты, очистные агенты, тампонажные композиции и другие вещества, применяемые в основных и вспомогательных технологических процессах и операциях, а также различные производственные отходы, сточные воды и пр.;
- технологические и иные операции, являющиеся составными частями проведения буровых работ;
- технологии бурения скважин.

Загрязнению подвергаются земли, поверхностные и подземные воды, атмосфера, Особенно сложно при оценке уровня экологической безопасности определение качественных и количественных показателей воздействия источников загрязнения на объекты окружающей среды.

Одним из распространенных видов осложненных условия является бурение и эксплуатация скважин в районах распространения многолетнемерзлых пород, ледников и ледниковых покровов. Специфические свойства мерзлых пород и льда; состав, строение и динамика их массивов; геологические, природно-климатические, экологические и организационно-технические условия проведения работ требуют совершенствования существующих и разработки новых нетрадиционных способов бурения и исследования скважин с использованием ресурсосберегающих и экологически чистых технологий. Такие технологии позволяют существенно уменьшить массу и габариты необходимых технических средств, трудовые, энергетические и материальные затраты на бурение и исследование скважин, что существенно облегчит решение проблемы технической и экологической безопасности проведения работ, сократит стоимость и сроки их проведения [4].

Наибольшую опасность для ОПС из приведенного перечня источников загрязнения представляют многокомпонентные очистные агенты и тампонажные композиции. По результатам экспериментальных и производственных исследований установлена следующая последовательность очистных агентов по нарастанию степени их экологической опасности при бурении в мерзлых породах и ледниках: сжатый воздух, ГЖС, органические гидрофобные жидкости, полимерглинистые растворы, водные растворы полимеров и ПАВ, бентонитовые растворы, техническая вода, солевые растворы.

Однако до сих пор не решенными остаются проблемы разработки экологически безопасной низкотемпературной заливочной жидкости, способной обеспечить длительную устойчивость ствола скважины, как в ледяном массиве, так и в переходной зоне и в самих подледниковых отложениях. Практически не решенной остается задача безопасного внедрения в подстилающий ледник горные породы при условии, что между ними может находиться толща обширного замкнутого водного бассейна.

Исследования, проведенные в СПГГИ при выполнении программы глубокого бурения скважин на станции Восток в Антарктиде, позволяют сформулировать требования к основным технологическим параметрам заполняющим скважину низкотемпературным жидкостям и обосновать их выбор для конкретных условий бурения. Эти жидкости должны отличаться низкой отрицательной температурой замерзания (структурообразования); достаточной для создания необходимого гидростатического давления плотностью; низкой вязкостью, обеспечивающую их эффективную циркуляцию в системе буровой снаряд-скважина в диапазоне отрицательных температурах; хорошей стабильностью и минимальным физико-химическим взаимодействием со льдом, буровым инструментом и аппаратурой для исследования скважин. Компоненты жидкостей должны быть доступными, относительно недорогими, транспортабельными и допускающими длительное хранение. Их использование должно отвечать соответствующим нормам санитарной, технической и экологической безопасности.

Для уменьшения потерь заливочной жидкости в окружающую среду предполагается поддержание уровня ее в скважине ниже границы проницаемой снежно-фирновой зоны и использование призабойная циркуляция для очистки забоя скважины от продуктов его разрушения в процессе бурения. Безопасное бурение в проницаемой нижней части ледникового массива, и внедрение в подстилающие толщи воды или водосодержащих пород возможно при поддержании необходимого отрицательного дифференциального давления в призабойной зоне скважины и заполнении ее специальной буферной жидкостью.

Наиболее эффективными в настоящее время при бурении в ледниковых толщах низкотемпературными промывочными растворами являются смеси легких углеводородных жидкостей (авиационных и дизельных топлив, различных гидрофобных растворителей) с фреонами (хладонами) в качестве утяжелителей и понизителей вязкости. Эти низкотемпературные жидкости позволяют эффективно бурить скважины как тепловым, так и механическим способами при экстремально низких температурах льда (до  $-60^{\circ}\text{C}$ ), а также дают возможность создавать необходимое гидростатическое давление в скважине, обеспечивая длительную устойчивость ее ствола. С использованием данного класса жидкостей пробурен целый ряд глубоких скважин в ледниках и ледниковых покровах, в том числе и самая глубокая во льдах скважина - 3656 м на станции Восток в Антарктиде [2].

Однако эти промывочные жидкости являются экологически не безопасными из-за их углеводородной основы и озоноразрушающих утяжелителей, применение которых ограничено специальными международными соглашениями.

Решением этой экологической проблемы может стать использование при бурении глубоких скважин в ледниках нового класса жидкостей, а именно кремнийорганических. Эти жидкости являются гидрофобными, экологически безопасными и инертными к биологическим формам жизни; их вязкость незначительно изменяется в широком диапазоне отрицательных температур, плотность позволяет компенсировать отрицательное горное давление на стенки скважины. В качестве регулятора плотности и вязкости возможно использование новых озонобезопасных промышленных фторорганических продуктов, например, хладона-141В и др., применение которых разрешено международными соглашениями.

В качестве буферной жидкости могут быть использованы низко концентрированные водные растворы этанола. Они экологически безопасны и могут быть созданы за счет растворения ледяного шлама концентрированными растворами этанола, эффективность процесса очистки забоя при этом существенно повышается. Изменяя концентрацию активного компонента в буферной жидкости, можно регулировать их плотность, что позволяет существенно ограничить и даже практически исключить взаимодействие проникающей в скважину воды из подледниковых отложений со льдом, слагающим стенки скважины. Существенным резервом возможного уменьшения допустимой плотности жидкости является разгрузка напряженно-деформированного околоствольного массива проходкой опережающего ствола меньшим диаметром или разбуривание пройденных интервалов с удалением из скважины какой-то части деформированного ледяного массива [3].

Для надежного обоснования экологически безопасного способа вскрытия и опробования с помощью скважин такой уникальной и изолированной системы, как подледниковое озеро Восток, необходимо уточнить состав, физические свойства, реологические параметры и температурный режим глубоких горизонтов ледниковой и подледниковой толщ в этом районе, а также экологические и другие требования к используемым низкотемпературным жидкостям.

Аналогичные проблемы возникают в настоящее время при разработке способов и технологий бурения скважин на газовые гидраты, которые по существу представляют собой твердый кристаллический объект, в котором природные газовые углеводороды (в основном метан) заключены в ячейки, образованными молекулами воды. Природные газовые гидраты являются единственным еще не разрабатываемым источником природного газа на Земле, который в силу огромных ресурсов и широкого распространения может в недалеком будущем составить реальную конкуренцию традиционным месторождениям могут изменяться от локальных до региональных и даже глобальных могут изменяться от локальных до региональных и даже глобальных [2].

Наметившийся очередной рост активности исследований в этой области объясняется следующими основными факторами: началом повсеместного поиска, разведки и освоения месторождений, расположенных в сложных природных условиях (глубоководный шельф, районы распространения многолетнемерзлых пород, ледников и ледниковых покровов), где проблема бурения скважин резко обостряется; стремлением сократить эксплуатационные затраты на предупреждение процессов гидратообразования в циркуляционных системах диссоциации гидратов в продуктивных толщах в результате изменения естественных термобарических условий их стабильного залегания. Кроме того, не в последнюю очередь интерес к газовым гидратам проявляется и познавательным аспектом, так как они в природных условиях являются интересным геологическим явлением, причем закономерности их образования и разложения в земной коре могут иметь общетеоретическое (фундаментальное) значение для геологической науки в целом [6]. Агрегативная устойчивость природных газогидратов находится в узком диапазоне термобарических параметров, изменение которых приводит к диссоциации гидратов с выделением большого объема природных газовых углеводородов. Реальное практическое освоение природных газогидратов в качестве перспективного и экологически чистого топлива может начаться уже в первой декаде XXI века. Поэтому для активизации их поисков, разведки и разработки, в процессе которых масштабы возникающих проблем могут изменяться от локальных до региональных и даже глобальных, с целью обеспечения технической и экологической безопасности проведения работ уже сейчас необходимо использование новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, позволяющих [4]. Новые технологий бурения скважин при разведке и добыче газа могут эффективно использоваться и на традиционных газовых месторождениях, в том числе и на тех, разработка которых сейчас представляет значительные трудности и не рентабельна.

Осложненные условия бурения глубоких и сверх глубоких скважин позволили только в конце XX века преодолеть 10 километровый рубеж и достигнуть рекордной глубины в 12262 м (Кольская сверхглубокая СГ-3, СССР). Однако это потребовало не только значительных временных, трудовых и материальных затрат, но и вызвало такое нарушение естественного состояния горного массива в околоствольном пространстве скважины, что дальнейшая ее углубка до проектной глубины (15 км) оказалась невозможной. Основная причина такого подобных осложнений – недостаточно надежная информация прежде всего о свойствах горных пород на больших глубинах и процессах, влияющих на их разрушение и устойчивость в этих условиях все возрастающих давлений и температур.

Таким образом, можно говорить о Геоэтической проблеме бурения и использования скважин в осложненных условиях – отсутствие достаточной и надежной информации об условиях и процессах, происходящих при их сооружения и эксплуатации, а также качественной экспертизы тех проектов использования буровых технологий, риски от реализации которых могут оказать негативное воздействие на ОПС или существенно снизить безопасность их проведения. Если масштабы возможных влияний могут достигать региональных и более высоких уровней, то экспертизы данных проектов должны соответствовать этим уровням.

## Литература

1. Басниев К.С.: *Природные газогидратные ресурсы, проблемы, перспективы.* – Вып. 28 – М.: Нефть и газ, 2003. – 20 с.
2. Chistyakov V.K.: *The Requirements to Low Temperatures Hole Fluids Used for Drilling in Ices and Geoethics.* - The Mining Pribram Symposium 2005. The International Section Geoethics, Proceedings Volume. October 10-14, 2005. Pribram, Czech Republic, paper GE 2
3. Chistyakov V.K.: *Deep Ice Coring at Vostok Station in Antarctica.* - Transactions of the VSB – Technical University Ostrava. Mining and Geological Series. Monograph 15. Ostrava, Czech Republic, 2005, pp. 107-112
4. Кудряшов Б.Б., Чистяков В.К., Литвиненко В.С.: *Бурение скважин в условиях изменения агрегатного состояния горных пород* (монография) Л.: Недра, 1991. - 295 с.
5. Кудряшов Б.Б., Литвиненко В.С., Николаев Н.И., Чистяков В.К.: *Прогрессивные технологии бурения скважин в осложненных условиях.* В сб. науч. тр. "Ученые первого технического вуза России к 225-летию института"/ СПб.: изд. СПбГИ, 1998, с. 69-78.
6. Valery Chistyakov, Sun Youhong, Chen-Chen, Zhang Zupei: *Problems of ecological and technical safety by exploration and production of natural gas hydrates.*- International Conference on New Techniques of Geological Engineering and Geological Hazard, August 23<sup>rd</sup>-27<sup>th</sup>, Jilin University, Changchun, China, 2006.