Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
т.XXI, вып.2, 1976 г.

О РОЛИ И ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОМ БУРЕНИИ

Ю.М.ПАРИЙСКИЙ

Современная геологоразведочная служба характеризуется развитой технической базой, в которой важную роль играют такие сложные работы, как бурение скважин и проходка горноразведочных выработок. Они являются основными источниками наиболее достоверной геологической информации, необходимой для изучения и оценки любого месторождения, и не теряют своего значения, несмотря на несомненный прогресс геофизических и геохимических методов. Объем разведочного бурения достигает 15-17 млн.м, на него ежегодно затрачивается около 25% средств, расходуемых на геологоразведочные работы. В этих условиях научно-технический прогресс в области разведочной техники становится исключительно важным фактором повышения эффективности геологоразведочных работ. Для правильного определения роли научно-технического прогресса и его основных направлений необходимо учитывать как специфические особенности геологоразведочного производства, так и тенденции в развитии минерально-сырьевой базы.

Отличительной особенностью геологоразведочной службы является большая зависимость от предмета труда и всего комплекса внешних (природных) условий, влияющих на процесс производства [3]. Если в обрабатывающей промышленности изменение предмета труда может привести к повышению эффективности производства, то при разведке и разработке минерального сырья повышение эффекта производства возможно лишь при совершенствовании орудий труда; изменение же предмета труда практически невозможно. Поэтому научно-технический прогресс, приводящий к совершенствованию орудий труда, играет в минерально-сырьевых отраслях значительно бо́льшую роль, чем в обрабатывающей промышленности. Из своеобразия предмета труда вытекают специфические особенности геологоразведочного производства.

1. По мере изучения одних участков месторождения фронт геологоразведочных работ перемещается на другие участки или захватывает другие месторождения. Это обусловливает подвижный характер средств и орудий труда.

2. Из-за привязанности к предмету труда значительная часть геологоразведочных предприятий размещается в зоне с неблагоприятными природными условиями, удорожающими производство (районы Крайнего Севера, горы, пустыни, залесенная или заболоченная местность и т.п.).

3. Основная часть процесса производства происходит не в помещении, а на открытом воздухе. Влияние климатических факторов на производительность труда и работу механизмов вызывает дополнительные расходы, особенно значительные в районах с неблагоприятными природными условиями.

4. Экономические показатели работы геологоразведочных предприятий в сильной степени зависят не только от природных, но и от экономико-географических факторов (освоенность территории, удаленность от транспортных коммуникаций, поясные коэффициенты заработной платы и т.п.).

5. Решающее влияние на уровень затрат на геологоразведочные работы оказывают геолого-технические условия месторождения: глубина залегания, характер пространственного расположения залежей полезного ископаемого, физико-механические свойства и условия залегания горных пород и т.п.

6. Большой удельный вес в общих затратах на геологоразведочные работы составляют затраты живого труда, расходы по содержанию и эксплуатации машин и механизмов, затраты на топливо и энергию. Как и во всех минерально-сырьевых отраслях промышленности, производственный процесс на геологоразведочных работах характеризуется повышенной по сравнению с другими отраслями трудоемкостью и капиталоемкостью. Сильное влияние природных условий на уровень затрат живого труда, материалов, топлива и энергии превращает их в решающий фактор, определяющий эффективность работы любого геологоразведочного предприятия.

Анализируя особенности геологоразведочного производства, можно сделать следующие выводы относительно роли технического прогресса и направлений технической политики.

1. Повышенная трудоемкость процесса производства обуславливает относительно высокую эффективность внедрения новой геологоразведочной техники, приводящей к экономии живого труда.

2. Сильное влияние природных условий на уровень затрат приводит к ярко выраженной дифференциации экономических показателей геологоразведочных предприятий и организаций по различным районам страны.

3. Эффективность внедрения новой техники из-за различий в природных условиях на разных предприятиях будет неодинаковой. Максимальный эффект может быть достигнут там, где природные условия разведки месторождений наиболее неблагоприятны, а связанный с ними уровень издержек производства выше.

4. Наибольшей эффективностью будут отличаться такие технические и технологические решения, которые способствуют уменьшению влияния природных факторов на показатели производственного процесса.

Важное значение для правильного понимания роли технического прогресса и определения его основных направлений в области геологоразведочной техники имеет учет сложившихся тенденций в развитии минерально-сырьевой базы. Анализ истории развития минерально-сырьевой базы СССР и других стран показывает, что в освоении природных ресурсов проявляются две тенденции: ухудшение горногеологических факторов (рост глубины залегания месторождений, снижение содержания полезного ископаемого и т.п.) и усиление дифференциации внешних условий в результате распространения геологоразведочных работ и горной промышленности по территории страны.

Обе тенденции связаны с завершением освоения большей части месторождений, расположенных в благоприятных природных, геологических и экономических условиях и необходимостью вовлечения в эксплуатацию все новых месторождений для удовлетворения быстро растущих потребностей народного хозяйства в сырье и топливе. Ухудшение геологических условий, увеличение количества разведываемых месторождений в районах с неблагоприятными природными условиями при неизменной технической базе привело бы к резкому и постоянному ухудшению экономических показателей геологоразведочных работ. Технический прогресс является, таким образом, важнейшим фактором, противодействующим тенденции увеличения стоимости разведочных работ.

Рост объемов бурения, в общем, сопровождается ростом стоимости буровых работ, в чем проявляется действие указанных тенденций. Изменение объемов и стоимости I м колонкового бурения по Министерству геологии СССР за 1966-1974 гг.:

	1966	1970	1971	1972	1973	1974
Объем бурения,						
тыс. м,	16019,2	16325,3	16409,8	16426,2	16807,5	17530,7
%	100,0	101,94	102,43	102,56	104,93	109,44
Стоимость 1 м бурения (фактическая),						
руб.,	15,04	18,43	19,20	19,59		
%	100,0	122,54	127,66	126,93		

Однако соотношение темпов роста на различных этапах неодинаково. Если в 1966-1970 гг. наблюдался резкий рост стоимости буровых работ, опережающий увеличение объема бурения, то в последующий период его удалось стабилизировать, а в последние годы даже несколько замедлить. Это стало возможным благодаря широкому внедрению высокоэффективных методов бурения (см. таблицу).

Объем внедрения прогрессивных способов бурения [5]

Годы	Вид бурения							
	алмазное		бескерновое		твердосплавное коронками малого диаметра		гидроударное	
	объем, тыс.м	процент от общего объема	объем, тыс.м	процент от общего объема	объем, тыс.м	процент от общего объема	объем, тыс.м	процент от общего объема
1966	1071,1	6,7	2250,8	14,0	881,7	5,5	90,4	0,56
1970	2353,1	14,4	3784,2	23,0	2594,3	15,8	225,2	1,38
1971	2707,2	16,5			2738,3	16,7	292,7	1,78
1972	3039,4	18,5			3084,1	18,8	360,4	2,20
1973	3554,2	21,0			3311,37	19,7	448,7	2,64

Таким образом, при освоении минеральных ресурсов постоянно действуют два процесса: ухудшение внешних условий и возрастание эффективности средств и орудий труда. Экономические показатели деятельности геологоразведочных организаций являются результатом взаимодействия этих процессов и вследствие их несогласованности подвержены значительным колебаниям. Из анализа особенностей геологоразведочного производства с учетом тенденций развития минерально-сырьевой базы следует, что для стабилизации и повышения экономических показателей геологоразведочной службы необходимы высокие темпы технического прогресса и роста производительности разведочной техники, опережающие изменения природных и экономических условий.

Необходимость резко повышать производительность труда на основе технического прогресса становится еще более настоятельной, если учесть перспективные задачи развития минерально-сырьевой базы. В ближайшие 15–20 лет потребность страны в минеральном сырье и топливе возрастет в среднем в 3–4 раза. Это потребует еще более значительного роста масштабов геологоразведочных работ. При неизменной производительности труда для выполнения этого объема работ потребовалось бы дополнительно привлечь огромное число работников, что практически невыполнимо. Однако существующие темпы роста производительности труда еще недостаточны для выполнения возрастающего объема геологоразведочных работ без увеличения численности рабочих. Так, рост объемов бурения, например, все еще осуществляется за счет увеличения количества станков и численности рабочих [2].

Таким образом, главная цель технического прогресса в развитии геологоразведочной техники – обеспечить высокие темпы роста ее производительности и повысить на этой основе ее технико-экономические показатели. Важнейшие условия для достижения этой цели: а) установление оптимальных сроков обновления техники; б) правильный выбор наиболее эффективных направлений технического прогресса на основе анализа тенденций изменения техники и прогнозирования ее дальнейшего развития.

Темпы технического прогресса неразрывно связаны со сроками обновления техники. Специальные исследования [3] указывают на существование оптимального срока службы орудий труда, зависящего от ряда экономических факторов. По мере освоения производственной мощности новой машины экономический эффект от ее использования в течение некоторого времени возрастает. Когда технические возможности машины исчерпаны, экономический эффект стабилизируется, а затем может даже снизиться вследствие ухудшения условий ее эксплуатации.

Одновременно с эффектом от эксплуатации машины возникает также эффект за счет снижения издержек производства при ее изготовлении, который тоже меняется со временем. Если в первый период народнохозяйственный эффект возрастает как за счет снижения издержек производства машины при неизменной продажной цене, так и за счет нарастающего эффекта от ее использования, то после освоения производственной мощности машины его рост замедляется, размеры снижения издержек производства в машиностроении становятся уже недостаточными для того, чтобы компенсировать падение эффекта в процессе эксплуатации. Наступает момент для замены машины новой, более производительной.

Чтобы реализовать оптимальные сроки обновления техники, требуется существенное совершенствование механизма ценообразования с целью создать действенные экономические стимулы для замены исчерпавшей свои возможности техники как у ее потребителей, так и у производителей.

Необходимость резкого роста производительности новой геологоразведочной техники требует тщательного выбора наиболее эффективных направлений технического прогресса. Многократное усовершенствование известных технических средств, поиск отдельных технических решений уже не могут считаться удовлетворительными. Технические разработки, выполненные вне связи с главными, наиболее эффективными направлениями технического прогресса подвержены быстрому моральному износу, иногда опережающему сроки реализации проекта.

Формы проявления технического прогресса в геологоразведочных работах весьма разнообразны и в общем соответствуют формам, характерным для других отраслей современного промышленного производства. Они включают: создание новой техники, совершенствование технологии, механизацию и автоматизацию производственных процессов, применение новых материалов, совершенствование организации и управления. Однако, как и в других отраслях, ведущая роль в развитии технического прогресса в современных условиях принадлежит совершенствованию технологических процессов. Технологический процесс бурения скважин является весьма сложным, состоящим из множества процессов и операций, находящихся в определенной зависимости друг от друга. Основной процесс - разрушение породы на забое скважины, все же остальные (очистка скважин от разрушенной породы, смена породоразрушающего инструмента, отбор проб, крепление скважины) являются процессами поддержания. Производительность бурения зависит не только от интенсивности каждого из указанных процессов в отдельности, но и от их соотношения во времени. Повышение интенсивности процессов, как правило, связано с переходом от прерывистых к непрерывным процессам и с совмещением их во времени. Это наиболее ярко проявилось при переходе от ударного способа бурения к вращательному, в котором прерывистый процесс разрушения породы был заменен непрерывным, а процессы очистки скважины и поддержания устойчивости ствола были совмещены во времени с основным процессом. Столь кардинальные изменения технологии бурения обеспечили резкий рост производительности и позволили значительно увеличить глубину бурения скважин.

Дальнейшая интенсификация процесса, повышение его непрерывности являются главными направлениями в развитии технологии современных методов вращательного бурения. Появились реальные возможности осуществить переход к непрерывным процессам в таких операциях, как смена породоразрушающего инструмента и отбор проб проходимых пород, что будет означать качественно новый этап в развитии технологии и техники бурения скважин.

Существующая технология спуско-подъемных операций приводит к неоправданно высокому удельному весу вспомогательных операций в общем балансе затрат времени на бурение скважины, который уже превышает 30% [I]. С ростом глубины скважины, а также с увеличением производительности бурения доля затрат времени на спуско-подъемные операции еще более возрастает.

Известные методы ускорения спуско-подъемных операций за счет их механизации и автоматизации, облегчения колонны бурильных труб, увеличения мощности привода и скорости лебедки не дают существенного эффекта и не могут изменить сложившуюся неблагоприятную тенденцию в динамике технико-экономических показателей бурения. Все это позволяет сделать вывод: главным резервом повышения производительности бурения является снижение удельного веса вспомогательных операций, что требует коренного изменения самой технологии процесса смены породоразрушающего инструмента.

В этом отношении большой интерес представляют начатые в последние годы исследовательские и опытно-конструкторские разработки технологии бурения без подъема бурильных труб, а также с помощью шланго-кабеля, заменяющего жесткую колонну бурильных труб. В колонковом разведочном бурении, где большое значение, кроме количественных показателей, имеет повышение качества опробования скважин, необходимо направить усилия на скорейшее внедрение съемных керноприемников, позволяющих извлекать керн без подъема бурильной колонны. Такой технологический прием уже успешно освоен в мировой практике разведочного бурения и справедливо считается наиболее существенным достижением в этой области за последние годы. Эту задачу можно также решить, используя обратную промывку с гидравлической транспортировкой керна, хотя такой способ несколько уступает бурению со съемными керноприемниками в смысле универсальности его применения.

Наиболее кардинальным решением проблемы повышения производительности разведочного бурения мог бы стать отказ от получения керна и переход на косвенные методы изучения вещественного состава проходимых пород в процессе бурения. Так, бескерновое бурение эффективно используется для проходки безрудных интервалов скважин на стадии детальной разведки, что способствует существенному сокращению затрат времени и средств. Более широкое внедрение этого производительного вида разведочного бурения сдерживается, однако, недостатком аппаратуры и методики, необходимых для геофизических исследований в скважинах. Весьма перспективны работы по созданию вставных долот и забойных двигателей, смена которых происходит через внутренний канал бурильной колонны [I]. Несомненно, что достижения в этой области будут стимулировать разработку вставного инструмента и для колонкового бурения.

Способ бурения на шланго-кабеле, разрабатываемый совместно СССР и Францией, представляется одной из наиболее удачных попыток осуществлять вращательное бурение на гибкой связи долота с поверхностью и, видимо, найдет широкое применение в недалеком будущем для проходки глубоких и сверхглубоких скважин.

Важная роль в повышении темпов технического прогресса на буровых работах, несомненно, принадлежит механизации и автоматизации производственных процессов. Однако наибольший эффект механизация и особенно автоматизация могут дать лишь на основе новой, более рациональной технологии, обеспечивающей максимальное повышение интенсивности производственного процесса, непрерывность технологического цикла. Поэтому вопросы механизации и автоматизации должны решаться в комплексе с проблемами совершенствования технологических процессов.

Дальнейшая интенсификация процессов бурения тесно связана также с сокращением непроизводительных затрат времени, удельный вес которых все еще достаточно велик, а также с ускорением монтажно-демонтажных работ. Это важное направление технического прогресса требует, прежде всего, разработки эффективных мероприятий по предотвращению осложнений в процессе бурения, компенсирующих ухудшение геолого-технических условий разведки месторождений. Именно эта неблагоприятная тенденция уже привела к тому, что во многих районах традиционные методы борьбы с осложнениями перестали быть эффективными. В связи с этим применение различных тампонажных смесей на основе цемента и синтетических смол, новых химических реагентов для обработки глинистых растворов, сжатого воздуха, аэрированных жидкостей и растворов на нефтяной основе получает все большее распространение. Совершенствуется и методика борьбы с осложнениями: в ней все большую роль играют научно обоснованные методы изучения и прогнозирования зон осложнений.

Вполне самостоятельное значение имеет разработка эффективной технологии разведочного бурения в условиях Крайнего Севера, поскольку удельный вес этих районов в минерально-сырьевой базе страны возрастает. Суровые природные условия, распространение многолетнемерзлых пород, отсутствие постоянных источников водоснабжения – все это создает объективные предпосылки для увеличения технологических перерывов в бурении и роста стоимости работ. Применение охлажденного сжатого воздуха и аэрированных растворов для очистки скважин, в том числе при алмазном бурении, получившем в этих районах широкое распространение, тампонажных смесей, схватывающихся в условиях отрицательных температур, позволяет существенно снизить отрицательный эффект неблагоприятных природных условий на показатели разведочного бурения. Важную роль в решении этой проблемы играют исследования, проводимые в последние годы в Ленинградском горном институте.

С сокращением непроизводительных затрат времени и повышением общих показателей бурения связан и вопрос о рациональных конструкциях разведочных скважин. Прогресс в технологии бурения обуславливает четко выраженную тенденцию к упрощению конструкций и уменьшению диаметров скважин как для колонкового, так и для глубокого бурения. С уменьшением диаметров растет механическая скорость бурения, сокращаются затраты материалов, снижается стоимость бурения, облегчается конструкция и повышается транспортабельность буровых установок. Между тем применение рациональных конструкций скважин при разведочном бурении распространено еще недостаточно. Так, в системе Министерства геологии РСФСР породоразрушающими инструментами диаметрами 59 и 76 мм проходится менее 40% общего объема бурения. Главным препятствием к широкому применению рациональных конструкций скважин является отставание методики опробования по керну малого диаметра, которое необходимо преодолеть в ближайшее же время. Вместе с тем, совершенствуя конструкции скважин, необходимо учитывать как изменения геолого-технических условий разведываемых месторождений, так и перспективы развития новых технологических приемов (применение съемных керноприемников, вставного инструмента и т.п.).

Совершенствование технологии бурения скважин неразрывно связано с созданием новой буровой техники. Ее эффективность зависит от того, в какой мере она отражает главные направления современного технического прогресса, соответствует особенностям геологоразведочного производства, геолого-техническим и природным условиям своего применения. Современные буровые установки должны отличаться поэтому широкой унификацией узлов и деталей, комплектностью изготовления, повышенной транспортабельностью, хорошей оснащенностью контрольно-измерительной и сигнализирующей аппаратурой. Эти требования нашли свое отражение в нормальном ряде, в соответствии с которым будет осуществляться выпуск установок для бурения разведочных скважин глубиной от 25 до 3000 м.

Указанные направления совершенствования технологии и техники геологоразведочного бурения не предусматривают коренных изменений способа осуществления основного процесса - разрушения горных пород на забое скважин. Механический способ разрушения горных пород, применяющийся в бурении с незапамятных времен, еще, видимо, длительное время будет служить основой этого процесса. Необычное „долголетие" этого способа можно объяснить: 1) универсальностью механического способа разрушения по отношению к различным условиям бурения скважин; 2) большими потенциальными возможностями этого способа в смысле повышения интенсивности процесса разрушения (если интенсивность процесса измерять концентрацией энергии, подводимой к единице площади забоя скважины, то при ударно-канатном бурении она составляет 10-20 Вт/см^2, в роторном 50-100 Вт/см^2, а в турбинном 200-400 Вт/см^2); 3) относительно слабым влиянием интенсивности основного процесса на общие показатели бурения вследствие сложного взаимодействия многочисленных процессов поддержания между собой и с основным процессом.

Как уже отмечалось, при существующей технологии бурения рост механической скорости приводит к увеличению удельного веса вспомогательного времени, что сдерживает повышение общих технико-экономических показателей бурения. Однако такое положение коренным образом изменится, если наметившиеся усовершенствования технологии и техники бурения скважин приведут к резкому сокращению затрат непроизводительного и вспомогательного времени. Тогда роль основного процесса существенно возрастет и его интенсивность станет определяющим фактором в экономике буровых работ. По этой причине изыскание и разработка новых, более эффективных способов разрушения горных пород должно быть одним из главнейших направлений технического прогресса в разведочном бурении, определяющим перспективы его развития на многие годы. Основными задачами этого направления по-прежнему будут увеличение концентрации и лучшее использование энергии, подводимой к забою скважины. При дальнейшем совершенствовании механического способа разрушения пород еще имеются возможности увеличить его интенсивность, главным образом за счет совмещения вращения инструмента с ударом. Промышленное освоение некоторых способов вращательно-ударного бурения уже началось (гидроударный, пневмоударный) или намечается (магнитострикционный). Однако возможности этих способов в повышении интенсивности процесса разрушения породы следует оценить как ограниченные. В лучшем случае они могут увеличить концентрацию

энергии на забое скважины в кратное число раз. В то же время уже известные способы бурения различаются по концентрации энергии более чем на порядок.

Очевидно, что новые способы бурения должны в этом отношении отличаться от существующих не в меньшей мере. Такое увеличение концентрации энергии, которое будет означать поистине качественный скачок, могут обеспечить только физические методы разрушения горных пород. Так, расчеты показывают, что при способе электронного излучения можно достичь концентрации энергии 10^9 Вт/см^2, а при использовании лазера с рубиновым кристаллом 10^{12} Вт/см^2 [4]. Реализация возможностей физических методов разрушения горных пород при бурении скважин приведет, по-видимому, к революционным изменениям в технологии буровых работ.

Таким образом, можно сформулировать главные направления технического прогресса в области геологоразведочного бурения.

I. Дальнейшая интенсификация производственных процессов за счет повышения непрерывности технологического цикла и интенсивности составляющих его процессов, совмещения операций во времени, комплексной механизации и автоматизации, и на этой основе значительное сокращение затрат времени на вспомогательные операции.

2. Разработка эффективных мер по повышению устойчивости показателей бурения к воздействию неблагоприятных природных и геолого-технических условий: новых способов и технических средств предотвращения и ликвидации осложнений в процессе бурения, рациональных конструкций скважин, соответствующих геолого-техническим условиям и наиболее эффективным технологическим приемам их проходки, повышение технического уровня, надежности и транспортабельности бурового оборудования, и в результате резкое сокращение непроизводительных затрат времени.

3. Разработка новых, более эффективных методов разрушения горных пород и создание на этой основе принципиально новой технологии бурения скважин.

ЛИТЕРАТУРА

Баршай Г.С., Гельфгат Я.А., Романов А.З. Турбинное бурение без труб. М., „Недра", 1967.

2. Волосюк Г.К. Основные направления научно-технического прогресса на разведочных работах. – „Развитие и охрана недр", 1970, № 4.

3. Логинов В.П. Экономические проблемы технического прогресса в добыче сырья. М., „Наука", 1971.

4. Применение процессов плавления и испарения горных пород при бурении Реф. журнал. Горное дело. 1972, вып. Г,

5. Пути повышения эффективности бурения разведочных скважин на твердые полезные ископаемые. – Техника и технология геологоразведочных работ, организация производства (Обзор). М., изд. ВИЭМС, 1975. Авт.: Е.С.Бубнов, В.Н.Волков, С.И.Голиков, Н.Н.М Г.В.Ширяева.