

- увеличить осевую нагрузку на долото и производительность насосов до допустимых пределов в соответствии с техническими возможностями и геологическими показателями;
- вести сбалансированное бурение «скважина – пласт».

В результате предпринятых мер коммерческая скорость бурения на скважине № 209 повысилась до 1534 м/месяц.

*У даній статті розглядається розробка програми буріння та інтервали Гюнешлі збільшення швидкості буріння. Ці програми були розроблені місцевими та іноземними компаніями для того, щоб дізнатися про перевагу одного типу бурових доліт і різних параметрів буріння над іншими. Проведений аналіз різних статистичних даних з бази даних Гюнешлі, збільшило загальну швидкість буріння до 1534 м/місяць.*

**Ключові слова:** буріння, нафта, газ, параметри буріння, долото, загальна швидкість буріння, конструкція свердловини.

*This article discusses the development of drilling programs and the intervals of the Guneshli field to drilling rate increase.*

*These programs were developed by local and foreign companies in order to find out the superiority of one type of drilling bits and different drilling parameters over the others. The analyses of different statistical data from Guneshli field database have been carried out, which increased the overall drilling rate up to 1534m/month.*

**Key words:** drilling, oil, gas, drilling parameters, drilling bit, overall drilling rate, well design.

### Литература

1. Временная инструкция для принятия оптимальных решений по повышению эффективности процесса бурения / Г. М. Эфендиев и др. – Баку, 1998. – 24 с.
2. Меджидов Г. Н., Алиев В. И., Багиров О. Э. Бурение нефтяных и газовых скважин в состоянии равновесия. – Баку: АНХ, 2000. – № 3, С. 16–18.

Поступила 08.06.12

УДК 622.24.051

**А. А. Кожевников**, д-р техн. наук

*Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»,  
г. Днепрпетровск, Украина*

## 150 ЛЕТ АЛМАЗНОЙ БУРОВОЙ КОРОНКЕ Часть 1 ШВЕЙЦАРИЯ РОДИНА АЛМАЗНОГО БУРЕНИЯ

*Приведена история создания алмазной буровой коронки, которую в 1862 году разработал швейцарский часовщик Георг Лешо.*

**Ключевые слова:** коронка, алмаз, бурение, горная порода.

### Этап I – изобретение алмазной буровой коронки, крупноалмазная буровая коронка

Любопытна история алмазного бурения. Идею использования алмазов для бурения горных пород высказался швейцарский часовщик Георг Лешо [1–6], который по праву считается основоположником алмазного бурения. История открытия такова. Лешо руководил работами по проходке железнодорожного туннеля в швейцарских Альпах. Возникла

проблема бурения твердых гранитных пород. Буровые коронки из сверхпрочной закаленной стали после работы в течении 2 часов полностью изнашивались. Сроки выполнения работ срывались. За полгода удалось пробить лишь небольшой проход в каменной горе.

Озарение пришло Лешо, когда он уже отчаялся и мрачно созерцал из окна строительного домика груды отработанных стальных коронок. В сердцах он черкнул по оконному стеклу бриллиантовым перстнем, надетым на безымянный палец. Послышался ровный однообразный звук, хорошо известный всем, кто хоть раз работал алмазным стеклорезом. На стекле образовались две ровные крестообразные линии и... Лешо осенило! Алмаз, только алмаз – наиболее твердый из известных материалов способен сокрушить гранит и одолеть каменную гору.

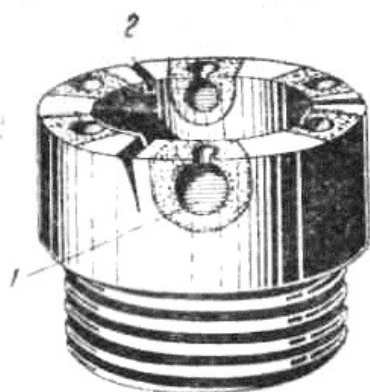
Из приобретенных по просьбе Лешо алмазов (100 карат ювелирных алмазов) изготовили первые алмазные коронки. Его сын Рудольф вместе с механиком Пиге усовершенствовал буровой станок и придумал способ крепления алмазов в коронке. Созданные ими алмазные инструменты стоили значительно дороже стальных аналогов, но работали не два часа, как стальные, а двое суток непрерывной работы. Скорость проходки туннеля существенно повысилась. Каменная гора не выдержала алмазного напора!

Воодушевленный достигнутым Лешо предпринял новую попытку алмазного бурения – проходку шпуров для взрывных работ, но на этот раз в массиве мраморной породы. И снова алмазные коронки проявили себя с самой лучшей стороны. Это было началом эпохи алмазного бурения. И случилось это в 1862 году.

Известна также иная версия о том, как Георгу Лешо прошло озарение и он придумал алмазную коронку.

Так, В. Е. Копылов в своей работе пишет «часовой Г. Лешо из Женевы рассматривал как-то античную находку – пластинку красного египетского порфирита. Он заметил на ней множество параллельных бороздок одинаковой глубины, расположенных на равном расстоянии друг от друга. Учитывая высокую твердость порфирита, Лешо полагал, что бороздки могли быть сделаны только высокотвердым инструментом, возможно, алмазом. Это натолкнуло часовщика на мысль о конструировании алмазного бура. Стальной полый цилиндр был оснащен на торце черными африканскими алмазами, благо, они были в часовой мастерской. Заставить цилиндр вращаться труда не составило. Так в 1862 году родился алмазный вращательный метод бурения, а имя Г. Лешо навечно вошло в историю бурения».

Как видим, в обеих информациях автор один – Георг Лешо, и дата одна – 1862 год, отличие лишь в причине изобретения алмазной буровой коронки.



*Крупноалмазная коронка с плоским торцом: 1 – алмаз, 2 – прорезь для прохода воды*

Вставка алмазов в коронки – это процесс закрепления алмазов на торце коронок. Первоначально вставка алмазов заключалась в их закреплении в гнездах металлом коронки. Этот способ вставки называют чеканкой, или методом холодной вставки. Вставку алмазов производили также путем заливания в них специальных сплавов и скрепления сплавов с телом коронки. Сын Лешо предложил паять алмазы в теле коронки.

В крупноалмазных чеканенных коронках (рисунок) количество алмазов и их общая масса изменяются в зависимости от диаметра коронок [7; 8].

Для чеканки алмазов применяют специальный набор так называемого чеканочного инструмента (чеканки, оправки, молоток, штангенциркуль и др.).

Алмазы, расположенные по торцу коронки, должны полностью перекрывать его и быть ориентированы так, чтобы их острые грани не выступали из тела коронки.

Для чеканки подрезных алмазов рекомендуется применять хорошие камни. Лучше всего для этого подходят балласты округлой формы.

### **Этап II – мелкоалмазные буровые коронки**

На первом этапе для изготовления коронок применяли крупные алмазы.

Для армирования алмазных коронок вплоть до тридцатых годов XX в. использовали исключительно черные технические алмазы сорта карбонадо. Масса отдельного алмаза 0,5–2 карата. Эти алмазы имеют тонкокристаллическую структуру и низкую хрупкость. Но их добывали в ограниченном количестве и только из россыпей Западной Бразилии. Это самые дорогие технические алмазы. При бурении в крепких и особенно трещиноватых породах расход алмазов увеличивался и стоимость бурения резко повышалась.

Пытливый человеческий ум предложил использовать для оснащения коронок мелкие алмазы – так появились мелкоалмазные буровые коронки. В зависимости от крупности алмазы на торце коронки располагались в один слой – однослойные коронки, в несколько слоев – многослойные коронки и без какой-либо схемы расположения, т. е. с равномерным размещением по всему объему матричного материала – импрегнированные коронки.

Однослойные коронки армируются алмазами крупностью от 2–5 до 40–60 шт./карат. Многослойные коронки армируют более мелкими зернами объемных алмазов – от 60–90 до 90–120 шт./карат. Импрегнированные коронки армируются объемными алмазами крупностью 120–500 шт./карат и более.

В России поиск алмазов осуществляли почти полтора века и только в середине 50-х годов XX в. были открыты богатейшие коренные месторождения алмазов в Якутии. 21 августа 1954 г. геолог Лариса Попугаева из геологической партии Натальи Николаевны Сарсадских открыла первую кимберлитовую трубку за пределами Южной Африки. Ее назвали символично – «Зарница». Следующей стала трубка «Мир», затем «Удачная». Такие открытия послужили началом промышленной добычи алмазов на территории СССР. В открытии ряда месторождений алмазов в Якутии принимали участие выпускники геологоразведочного факультета Днепропетровского горного института – геофизики А. А. Васильев и Б. С. Парасотка. Львиная доля добываемых в России алмазов приходится на якутские горнообрабатывающие комбинаты. Кроме того, крупные месторождения алмазов находятся на территории Красновишерского района Пермского края и в Архангельской области: им. Ломоносова на территории Приморского района и Верхотина (им. В. Гриба) в Мезенском районе.

### **Этап III– алмазные буровые коронки ,оснащенные синтетическими алмазами**

Впервые синтезировать алмаз попытался в 1823 г. основатель Харьковского университета В. Каразин, который при сухой перегонке древесины при сильном нагревании получил твердые кристаллы неизвестного вещества.

Овсею Ильичу, его брату, академику Александру Ильичу Лейпунским и их сестре профессору, физику Доре Ильиничне посвящена книга Б. С. Горобца «Трое из Атомного проекта: секретные физики Лейпунские» (М., 2008). В 2009 г. вышло второе издание книги под названием «Секретные физики Атомного проекта СССР: семья Лейпунских». В этой книге рассказана история открытия О. И. Лейпунским современного способа синтеза алмазов и его реализация в Швеции, США и СССР.

Эта история началась в 1938 г., когда в журнале «Знание – сила» была опубликована статья О. И. Лейпунского об алмазе с анализом перспектив его синтеза.

В 1939 г. в журнале «Успехи химии» появилась большая научная статья О. И. Лейпунского с подробными расчетами, графиками и таблицами, в которой были найдены достаточно точные и надежные параметры синтеза алмаза.

Еще до начала 30-х годов прошлого века ученые начали понимать, что получить алмаз из графита не удастся, поскольку все значения температуры и давления, т. е. точки фазовой диаграммы, в которых проводили опыты, находились в области устойчивости графита. Однако к тому времени еще не было возможности достичь давления, превышающего 50 килобар при температуре свыше 1500 К. Не было известно и самой фазовой диаграммы для

углерода в области столь высоких  $p$ ,  $T$  – ни полученной экспериментально (по причине недостижимости), ни теоретически.

В 1938 г. появилась статья известных физико-химиков Ф. Россини и Р. Джессупа, содержащая сводку термодинамических потенциалов и констант для алмаза и графита до температуры 1400 К. О. И. Лейпунский решил продолжить расчеты в области более высокой температуры методом экстраполяции.

Он осуществил экстраполяцию методом интегрирования термодинамического потенциала углерода при температуре 1400–3400 К. При этом физически обосновал допустимость пренебрежения сжимаемостью и расширением графита, а также справедливость приближенного равенства теплоемкости алмаза и графита, которые входили в интегралы как формально переменные величины.

Ученый вывел уравнение линии равновесия на диаграмме алмаз–графит в температурной области выше 1400 К в аналитическом виде и показал, что погрешность выведенной им зависимости составляет 10–12 %, что вполне приемлемо для практических целей синтеза алмаза. Теперь можно было выбирать точки фазовой диаграммы, т. е. пары значений  $p$ ,  $T$ , при которых кристаллизуется именно алмаз, а графит неустойчив.

Построив адекватную количественную теорию синтеза алмазов, О. И. Лейпунский спрогнозировал: техника высокого давления в настоящее время позволяет поддерживать длительный период давление 50000 ат. Дальнейшее увеличение этого предела до 60000–70000 ат, по-видимому, осуществимо, хотя потребует очень большого труда при подборе соответствующих твердых сплавов.

Предсказание ученого сбылось. В служебной характеристике, выданной О. И. Лейпунскому в конце 60-х XX в. в ИХФ и подписанной Н. Н. Семеновым, сказано: «Лейпунский разработал в 1939 г. правильную теорию превращения графита в алмаз. Теория была практически подтверждена получением через 15 лет в ряде лабораторий алмазов в условиях, сформулированных Лейпунским».

Первыми алмаз синтезировали 17 февраля 1953 г. Шведские специалисты фирмы ASEA (Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget): инженер Эрик Лундблат, механик Валин и ассистент Эрикссон. Шведы хорошо изучили статью О. И. Лейпунского от 1939 г. и использовали все три необходимые условия: давление, температуру и среду-растворитель (железо). И все же алмазы долго не получались.

Крошечные алмазы в сотые доли миллиметра были уже вполне пригодны в качестве абразивной пудры. Фирма получила заказы и развернула производство алмазного порошка. Одновременно она вела поиск условий выращивания более крупных кристаллов. При этом шведские исследователи ничего не публиковали о своем достижении и, по-видимому, на мировой приоритет не претендовали, зная о О. И. Лейпунском. Но и признавать публично приоритет последнего не спешили.

Холодная война была в разгаре. Очевидно, шведы понимали, что пришлось бы вступать с СССР в очень непростые отношения, связанные с проблемой использования чужой промышленной технологии, имеющей в широком смысле и военное значение.

Почти два года спустя, 16 декабря 1954 г. американская компания «Дженерал электрик» (далее «ДжЭ») синтезировала свои первые алмазы. В их опытах давление достигало 86 тысяч атмосфер при температуре 1560 °С. Американским исследователям удалось получить кристаллы размером почти миллиметр. Американцы – не шведы, Лейпунского они не признавали, а СССР вообще считали врагом номер один. Они объявили себя разработчиками способа синтеза алмазов, запатентовав свое достижение.

Агрессивная политика американцев относительно алмазов дошла до того, что они стали давить шведских производителей алмазов, не давая им возможности торговать на мировом рынке. Шведские ученые долго раздумывали и, наконец, в 1968 г. подали на американцев в Мюнхенский патентный суд. Пикантность иска состояла в том, что шведы оспорили патентную чистоту

американского способа, потребовав аннулировать патент «ДжЭ», на том основании, что заявленный в нем способ был ранее опубликован в СССР О. И. Лейпунским!

Но, может быть, американцы, в отличие от шведов, не читали статьи Лейпунского и «согрешили», будучи в добросовестном заблуждении? Отнюдь! «ДжЭ» не могла не знать о моей работе, потому что о ней знал Бриджмен», – констатировал О. И. Лейпунский в пояснительной записке «Соображения в связи с иском «Дженерал электрик», направленной в Госкомитет по делам изобретений и открытий при Совмине СССР. И далее О. И. Лейпунский сослался на статью Бриджмена в журнале «Кемикал Физикс» (1947, т. 15, с. 92), где приведена ссылка на его, Лейпунского, ключевую статью о синтезе алмаза.

Далее в записке указано: «Бриджмен в упомянутой статье пишет, что средства на работу были получены от «ДжЭ», т. е. Бриджмен в своих планах и результатах был подотчетен этой компании». Уточним: Бриджмен Перси Уильямс (1882–1961) – американский физик, специалист по сверхвысоким давлениям, лауреат Нобелевской премии (1946).

Таким образом, до достижения успеха в получении алмазов американцы ссылались на статью О. И. Лейпунского, но сразу после успешного синтеза сделали вид, что не существует ни советского физика, ни его приоритетной работы. Решили сами запатентовать способ синтеза алмазов. А нейтральных шведов американцы не только проигнорировали, но еще и начали вытеснять с рынка, ведь ни патента, ни публикаций об этом способу те не имели.

Американцы, наверное, не ожидали, что шведы, в конце концов, обратятся в патентный суд. Что происходило в суде точно неизвестно. Шведы процесс могли проиграть, так как «подсуетился» игравший на их стороне «нейтральный» эксперт из Франции, ведущий инженер по оборудованию для высоких давлений Борис Водар. Он дал заключение, благоприятное для американцев: по данным из статьи Лейпунского алмазы получить невозможно.

Заключение было написано с нарочитыми передергиваниями и умолчаниями, рассчитанными на неспециалистов. На это указывал О. И. Лейпунский, которого к делу привлекла Торгово-промышленная палата СССР, наблюдавшая за процессом. О причинах заведомо спекулятивной позиции Водара можно только догадываться.

Годы спустя Водар посетил киевский Институт сверхтвердых материалов. Ему показали пресс, который работал по диаграмме О. И. Лейпунского. На этом прессе получали две тысячи карат алмазов в день. А над прессом висел портрет О. И. Лейпунского. Со слов очевидцев, Водар был смущен... Относительно тяжбы американцев и шведов известно, что они, достигли «темного» компромисса, и шведы отозвали иск. О. И. Лейпунский считал, что компания «ДжЭ», выплатила фирме «ASEA» большие отступные.

В СССР Леонид Федорович Верещагин (1909–1977), химик, которого О. И. Лейпунский посвятил еще перед войной в свой замысел синтеза алмазов, получил искусственные алмазы в лаборатории сверхвысоких давлений в 1960 г. Это был огромный успех. В 1961 г. Л. Ф. Верещагин получил Ленинскую премию, в 1963 г. стал Героем Социалистического Труда, а еще через три года – академиком. Вместе с Л. Ф. Верещагиным Ленинскую премию получили Ю. Н. Рябинин и А. А. Семерчан.

Правительство резко увеличило финансирование лаборатории Л. Ф. Верещагина, преобразовав ее в Институт физики высоких давлений (ИФВД) АН СССР, построенный в поселке Красная Пахра под Москвой. Л. Ф. Верещагин возглавил институт. Одновременно в Киеве был создан Институт сверхтвердых материалов (директор В. Н. Бакуль), где разрабатывали технологию и инструментарий для применения алмазов в промышленности (шлифовально-полировальные диски, алмазные пилы, резцы, буровые коронки и пр.).

Советская промышленность с каждым годом производила все больше искусственных алмазов.

Л. Ф. Верещагин и В. Н. Бакуль успешно руководят промышленностью искусственных алмазов в СССР. Советский Союз продает алмазы через внешторгбьединение «Станкоимпорт» в первую очередь в ФРГ, где действует международный рынок этого товара.

Однако в декабре 1969 г. компания «ДжЭ» подает на СССР в Мюнхенский патентный суд: русские без патента торгуют алмазами в стране, где действует американский патент. Компания «ДжЭ» требует от СССР уплатить штраф в несколько миллионов долларов и уйти с международного рынка.

Если бы во внутригосударственном патенте была ссылка на работу О. И. Лейпунского, вряд ли американцы осмелились бы отрицать приоритет последнего. Американские заявители пришли к выводу: среди русских нет единства, они сами в лице их «алмазного» лидера Л. Ф. Верещагина отрицают действенность способа Лейпунского, даже не включив его в группу, премированную высшей наградой СССР. Значит, русских можно игнорировать.

Так начался международный конфликт. Л. Ф. Верещагин уже готов был капитулировать, советуя правительству уплатить штраф и оставить международный рынок. Однако дело спас сотрудник ИФВД АН СССР, посоветовав В. Н. Бакулю, в то время основному производителю искусственных алмазов в СССР, разыскать О. И. Лейпунского и попросить его провести экспертизу «заклучения» Водара.

Позже в представлении 5 января 1971 г. работы О. И. Лейпунского от 1939 г., выдвинутой на признание ее открытием, два вице-президента АН СССР В. А. Котельников и Н. Н. Семенов написали: «Так как патент Л. Ф. Верещагина имеет только внутреннее значение, то это дало возможность Дженерал Электрик предъявить нам иск о нарушении ее патентных прав в ФРГ и возмещении убытков». В ответ на этот иск наши организации, используя, в частности, статью О. И. Лейпунского от 1939 г. и сделанное им разъяснение отдельных обстоятельств спора, опротестовали патент американской компании.

В настоящее время в основе промышленного синтеза алмазов во всех странах лежат теоретические результаты, опубликованные О. И. Лейпунским. В то же время ученые в своих публикациях об успешном синтезе алмазов в недостаточной степени ссылаются на статью О. И. Лейпунского. Это наносит ущерб приоритету советской науки в такой важной области, как синтез алмазов».

Встретив жесткое сопротивление со стороны СССР в форме экспертного заключения, которое составил О. И. Лейпунский и утвердила Академия наук, американцы отступили, и продажи советских алмазов в ФРГ возобновились. А в СССР О. И. Лейпунскому выдали Диплом об открытии. Более того, в 1982 г. Институт химфизики АН СССР выдвинул его за изобретение теории синтеза алмазов на Государственную премию. Но премии ученый так и не получил.

В результате искусственно усиленного бумаговорота официальная рецензия, поддерживающая О. И. Лейпунского, поступила в Комитет по премиям позже предельнодопустимого срока.

Однако спустя год в органе ЦК КПСС – газете «Правда» 26 июня 1984 г. была опубликована статья Ф. Рудича, зав. отделом науки ЦК КП Украины, посвященная синтетическим алмазам, где говорилось: «Экономический эффект от их использования в народном хозяйстве превышает миллиард рублей в год. Хотя сказанное достаточно известно, возможно, лишь специалисты знают, что в успехе решающую роль сыграли приоритетные для советской науки работы физика профессора О. И. Лейпунского».

В СССР решением проблемы синтеза алмазов и организацией их выпуска занимались Институт физики высоких давлений АН СССР, Институт сверхтвердых материалов АН УССР и ряд специализированных заводов и научно-исследовательских институтов. В США за 14 лет (1957–1970 гг.) объем выпуска искусственных алмазов составил 15,9 т, в СССР за 10 лет (1961–1970 гг.) – 29,2 т, в том числе в Украине 18,9 т.

**Этап IV – алмазные буровые коронки, армированные композиционными материалами с использованием алмазов**

Это коронки таких типов:

- армированные сверхтвердым материалом «Славутич»;
- армированные алмазно-твердосплавными пластинами;
- армированные гибридным АКТМ.

За 150-летний период после изобретения алмазной коронки ее разработкой, развитием, совершенствованием в мире занимались многие научные и производственные организации. Среди организаций советского и постсоветского периодов следует отметить ВИТР, ВИМС, ВНИИалмаз, ИФВД, ВНИИТС, ТулЦНИГРИ, СКБ МИНГЕО СССР, ИСМ, МГРИ, ТПИ, ДГИ, КазПИ, КБЗИ, ЭЗТАБ, КрЗАИ, ПГО «Кировгео», «Сосновгеология», «Киевгеология», «Днепргеология» и др., среди зарубежных компании «ЛОНГИР», «КРИСТЕНСЕН» и др.

#### **Выводы**

Таким образом, алмазный породоразрушающий инструмент является первым из внедренных в практику бурения скважин:

- алмазный инструмент, 1862 г. (Швейцария – Г. Лешо);
- дробовое бурение, 1899 г. (США – Дэвис);
- шарошечное долото, 1909 г. (США – Г. Юз);
- твердосплавная коронка, 1915 г. (Германия – Ломан).

*Наведено історію створення алмазної бурової коронки, яка була розроблена у 1862 році швейцарським годинникарем Георгом Лешо.*

*Ключові слова:* коронка, алмаз, буріння, гірська порода.

*Presented the history of diamond drill bits, which was developed in 1862 by Swiss watchmaker George Lesho.*

*Key words:* crown, diamond drilling, rock.

#### **Литература**

1. Ионнесян Р. А., Куличихин А. И., Кутузов Б. Н. Бурение. БСЭ, 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1971. – Т. 4. – С. 123–126.
2. Ионнесян Р. А., Кутузов Б. Н. Бурение. Горная энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1984. – Т. 1. – С. 299–301.
3. Шамшев Ф. А. Алмазное бурение. Горная энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1984. – Т. 1. – С. 98–99.
4. Буріння. Мала гірнича енциклопедія / За ред. В. С. Білецького. – Д.: Донбас, 2004. – Т. 1. – С. 103.
5. В. С. Бойко Алмазне буріння. Мала гірнича енциклопедія. / за ред. В. С. Білецького. – Д.: Донбас, 2004. – Т. 1. – С. 42.
6. Кожевников А. А. 150 лет алмазной буровой коронке – этапы инновационного развития / Инновации і трансфер технології: від ідеї до прибутку. Матеріали ІІІ міжнар. наук.-практ. конф., 4–6 квітня 2012 р. – Д.: НГУ, 2012. – С. 5–6.
7. Володченко К. Г. Колонковое бурение. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 557 с.
8. Разведочное бурение / Ф. А. Шамшев, Н. П. Кньюфер, Н. И. Николаев и др. – Л.: Госгеолтехиздат, 1958. – 486 с.

*Поступила 19.06.12*