

## ЗА ПОСТИЖЕНИЯТА НА КАТЕДРА “СОНДИРАНЕ И ДОБИВ НА НЕФТ И ГАЗ” В ОБЛАСТИТЕ НА ПРОУЧВАТЕЛНОТО И ХИДРОГЕОЛОЖКОТО СОНДИРАНЕ ЗА ПЕРИОДА 1953 – 2003 ГОДИНА

Върбан Аризанов, Николай Червенаков, Валери Златанов, Иван Тодоров

Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски”, София 1700, България, ibt@mgu.bg

### РЕЗЮМЕ

Преподавателският състав на катедра “Сондиране и добив на нефт и газ” е дал значителен принос за технологичното усъвършенстване на методите на проучвателното и хидрогеоложкото сондиране и техните разновидности. Настоящият обзор разглежда основните постижения в тези области за 50 годишния период на съществуване на катедрата.

В периода 1967 – 1980 г. Беше установено тясно сътрудничество между Бургаски Медни Мини и катедра ТТС в областта на проучвателното сондиране. С удължаване на шахтите и разработване на находищата в дълбочина в рудните полета на Бургаски район бяха достигнати най-дълбоките промишлени орудявания, установени от сондажите в етапа на детайлното проучване. Това изискваше прокарването на дълбоки сондажи (подземни и от повърхността) за увеличаване запасите от руда и изясняване на перспективите.

Освен това добре проучени бяха само главните рудни зони. Някои апофизни разклонения, които имаха много добро орудяване, въобще не бяха проучени. Това налагаше прокарването на наклонени и хоризонтални сондажи, отначало къси, но в последствие – със значителна дължина. Тъй като диамантения метод на сондиране беше вече успешно установен, на дневен ред стоеше въпроса за технологичното му усъвършенстване. Производителността на сондажния процес беше все още незадоволителна.

При съвместната дейност от страна на МГУ участваха доц. Ф. Маринов и ст. преп. В. Аризанов, а от страна на БММ – основно инж. Ст. Иванов и инж. Л. Раев, но и цялото Проучвателно предприятие. Това сътрудничество се утвърди и благодарение на предишни контакти още през 1965/66 г. когато на Върли бряг беше прокаран първия наклонен дълбок сондаж в подземни условия. В резултат на набрания опит още през 1968 г. бяха прокарани 27 725 м. сондажи по диамантения метод.

В това отношение възникнаха за решаване важни въпроси главно в областта на подземното и надземно хоризонтално сондиране. Този метод бързо се утвърди като високоефективен и рационален и от техническа, и от технологична, и от геоложка гледна точка. Този метод има и някои особености, които изискваха продължителни наблюдения, системна работа и внимателни обобщения на

успехите и проблемите в технологията и организацията, като например:

- ⇒ Формата и размерите на подземните камери и разположението на машините и механизмите в тях.
- ⇒ Методи и средства за извършването на вкарващо-изваждащите операции, особено при сондажите, насочени нагоре.
- ⇒ Технологични особености на промиването и режима на сондиране.
- ⇒ Усложненията (особено водопритоци и обрушвания) и аварията и тяхното ликвидиране.
- ⇒ Със съвместни усилия бяха разработени и внедрени :
  - ⇒ Самоцентрираща се патронна глава
  - ⇒ Закрепващо устройство за рамата на ЗИФ-650А
  - ⇒ Няколко схеми за вкарващо-изваждащите операции
  - ⇒ Пакер за циментиране на възходящи сондажи
  - ⇒ Устройство за херметизиране устието на хоризонталните сондажи
- ⇒ Ориентатор за стационарни клинове (Аризанов В., Иванов С., *Минно дело № 9, 1986.*)
- ⇒ Цяла гама от емулсионни промивни течности (Аризанов В. *Материали первой научно-технической конференции по алмазному бурению в странах – членах СЭВ. Москва, 1972*, Аризанов В., Маринов Ф., *Авт.свид. No.13323, София, 1970*, Аризанов В., Маринов Ф., *Авт.свид. No.14726, ИИР, София, 1969*)

В резултат на това на това бяха постигнати значителни успехи като например:

- ⇒ През 1971 г. Със сондов апарат ЗИФ-300 беше прокаран хоризонтален сондаж с дължина 911,65 м.
- ⇒ По-късно, през 1977 г. сондаж С-1413 приключи с хоризонтална дължина 1303 м. което за времето си беше най-дългия хоризонтален сондаж.
- ⇒ Благодарение на системни измервания с фотоинклинометър Leuter-Pico бяха установени общите закономерности на изкривяванията на хоризонталните сон-

дажи, благодарение на което се уточниха правилата за задаване на същите.

- ⇒ Внедрени бяха емулсионните промивни течности, които показаха висока ефективност по отношение на ресурса на диамантените корони, разхода на мощност и увеличена производителност
- ⇒ Уточнени бяха много технологични подробности

Паралелно с това бяха извършени голям брой наблюдения върху правилното отработване и избора на диамантен скалоразрушаващ инструмент. Особено полезни бяха всички наблюдения върху самозаклинването на ядката и вибрациите на сондажния комплект. Бяха записани и анализирани голям брой киловатграми, което позволи да се изяснят много подробности. (Маринов Ф., Аризанов В. и др. *Годишник на ВМГИ, т. XVII., св. IV., с. 1970/71.*)

Всъщност изследванията върху диамантените корони от различни модификации продължиха много по-нататък, при съвместната работа с Базата за развитие и внедряване в Асеновград (БРВ), с която Катедрата беше в непрекъснато сътрудничество. Във връзка именно това сътрудничество Комитета по геология финансира разработването на Емулсиометър Е-2, с който бяха изследвани голям брой емулсионни и полимерни промивни течности, които показаха в последствие висока ефективност. (Маринов Ф., Аризанов В. и др. *Годишник на ВМГИ, т. XVII., св. IV., с. 1970/71*, Аризанов В., Маринов Ф. И др., *Авт.свид. No.18721, София, 1972*).

С БРВ бяха разработвани и други въпроси, свързани с диамантените инструменти: окачествяване на диамантената суровина, обработка на диамантите преди влагането им в корони, екстрахиране и т.н.

Самостоятелно доц. Ф. Маринов разработи въпроса за сцеплението на циментовия камък със стените на сондажа и обсадните колони, като изследва влиянието на голям брой реагенти.

В. Аризанов и Б. Чакърров проведоха многобройни експерименти за сондиране с пяна на различни обекти у нас: със Заводпроект на об. Кричим, с Комитета по геология на обекти в региона на Видин, Велико Търново и Маджарово, като бяха използвани твърдосплавни и диамантени инструменти. Отделно бяха приложени различни рецепти за сондиране с пяна на различни обекти по хидрогеоложко сондиране в Либия, при които бяха получени много добри резултати. Бяха изпробвани различни схеми за сондиране с пяна (безпомпена, безкомпресорна и смесена) и усвоени няколко вида пеногенератори. Изпробвани бяха многобройни рецептури за пенообразователи – ПАВ, които показаха добри експлоатационни показатели. (Jordanov D., Nenkov N., et col., *Troisieme seminaire International Minier – ISTIM, Gafsa, Tunisie, 1987*) Особено добри резултати сондирането с пяна дава при прокарването на хидрогеоложки сондажи, при преминаване на поглъщащи зони, в средно твърди и твърди скали. В дълбоки сондажи донагнетателното устройство, разработено от проф. Н. Ненков осигурява необходимото налягане на пенния поток.

През 1984 г. възникна интересна идея за използване на газо-течностни системи – мъгла при прокарването на взривни сондажи в твърди скали с ролкови длета по стъпалата на откритите рудници от типа на Медет и Асарел. В тези рудници годишно се прокарваха стотици хиляди линейни метри сондажи с диаметър 250 мм. с продухване с въздух. За обезпращане в нагнетяваната от мощен компресор струя съгъстен въздух се впръсква минимално количество вода, което овлажнява шлама и той лесно се отлага при устието на сондажа. Ако във водата се добави известно количество ПАВ и минерално масло циркуляционният агент – газо-течностна система аерозол придобива добри мажещи свойства. Благодарение на това се намалява значително коефициента на триене в двойките метал/метал и метал/скала. По този начин:

- ⇒ Значително се намалява загубата на мощност при въртенето на длетото – около 20%;
- ⇒ Увеличава се механичната скорост на сондиране, вследствие възможното повишаване на осовия товар;
- ⇒ Намалява се износването на сондажния лост и длетата, като последните увеличават своя ресурс с повече от 50%;

В периода 1985 – 1986 г. тези открити рудници заплащаха значителни наказателни лихви за голям разход на електроенергия поради кризата в енергийния сектор. В резултат на прилагането на този метод бяха реализирани значителни икономии. Технологично идеята беше призната за изобретение с автори: В. Аризанов, Б. Чакърров и други.

При сондирането на геологопроучвателни сондажи в района на минни изработки често се налага да се сондира в сложни геологотехнически условия. Основната причина за това е напукването на скалния масив поради взривните работи, което обикновено води до възникването на загуби на промивната течност в горните интервали на сондажа и водопритоци в долните интервали. Това налага прилагането на специални технически средства и технологии за сондиране в усложнени условия.

В периода 1983 – 1988 г. по договори с ГОРУБСО – Мадан в катедра СДНГ беше разработен комплекс от технически средства и технология за сондиране при наличието на водопритоци и загуби на промивната течност. При разработването им бяха взети предвид основните характерни особености и изисквания на сондирането в условията на ГОРУБСО – Мадан:

- ⇒ малки диаметри на сондажите (59 и 76 mm);
- ⇒ ядрово сондиране в среднотвърди до твърди скали IX – X категория;
- ⇒ необходимост от използването на опростени конструкции с оглед осигуряването на висока надеждност и лесно транспортиране в условията на подземните рудници.
- ⇒ Беше разработен комплекс от съоръжения състоящ се от:
- ⇒ турбинен разходомер РС - 42;
- ⇒ сондируеми пакери конусен и цилиндричен тип;
- ⇒ тампонажно донагнетяващо устройство;

- ⇒ хидроежекторен миксер за приготвяне на тампонажни разтвори;
- ⇒ хидравличен диспергатор за подобряване на качеството на тампонажните разтвори.

Турбинният разходомер служи за определяне на мястото и големината на водопритоците и водозагубите. Той е от класически тип, като за чувствителен елемент се използва турбина (винтова перка) лагерована в двата края на ахатови лагери. Честотата на въртене на турбината е пропорционална на скоростта на водният поток, т.е. на дебита на течността в съответният интервал на сондажа и се измерва чрез датчик, състоящ се от магнит и реле. При всеки оборот на турбината магнитът затваря контакта на релето и предава импулс по кабела до брояч на устието на сондажа. Получените данни се използват за начертаване на разходограма на сондажа, чрез която се определят зоните на водопритоци и водозагуби.

Основен елемент от разработения комплекс са пакерите. Чрез тях се дава възможност да се прилага налягане върху циментовия разтвор по време на циментирането, което значително подобрява проникването му в пукнатините на скалата и съответно повишава качеството на циментационните работи. Бяха разработени две конструкции на пакери – конусен пакер (В.Аризанов, Н.Червенаков, 1985) и цилиндричен пакер (Н.Червенаков, В.Аризанов, 1986). Основната разлика спрямо съществуващите пакери е, че еластичният елемент на пакера е с външен диаметър, който е по-голям от диаметъра на сондажа. Докато в другите конструкции на пакери има специален елемент (обикновено клинови челюсти), които са в непрекънат контакт със стените на сондажа и служат за опора при задействането на пакера, то тук тази задача се изпълнява от еластичният елемент на пакера. Това значително опростява конструкцията на пакера и дава възможност той да бъде разработен като “сондируем пакер”, т.е. по време на втвърдяването на цимента пакера остава в сондажа и предовратява размиването на цимента при наличието на водопритоци. С изключение на еластичният елемент оставащите в сондажа детайли на пакера са с диаметър, по-малък от вътрешният диаметър на стандартна диамантена корона, като след втвърдяването на цимента те се изваждат като ядка и могат да се използват многократно.

При циментирането на хоризонтални подземни сондажи в условията на водопритоци е възможно налягането на помпата да е недостатъчно. Тампонажното донагнетяващо устройство (В.Аризанов, Н.Червенаков, 1985) е предназначено да повиши налягането върху тампонажната смес до 10-15 МПа, т.е. значително над налягането на помпата. То представлява бутална помпа, която се завива над пакера и се задвижва от сондовият апарат чрез възвратно постъпателно движение на сондажният лост.

Обикновено за приготвянето на циментовите разтвори и промивната течност се използват глиномешалки от перков тип. Поради твърде големите габарити и затрудненото транспортиране е невъзможно тяхното прилагане в условията на подземните рудници и циментовият разтвор и промивната течност се приготвят ръчно. За да се механизира този процес беше разработен хидроежекторен

миксер (В.Аризанов, Н.Червенаков и др., 1989). Той се захранва от промивната помпа с вода с дебит 80 – 120 l/min, която се подава през нагнетателният маркуч в дюзата на ежектора. Създаденият в работната камера вакуум от 0.08 – 0.1 МПа чрез маркуч с накрайник засмуква цимента от торбите с цимент и осъществява смесването му с водата и приготвянето на циментовият разтвор.

Хидравличният диспергатор (Н.Червенаков, В.Аризанов, 1988) е предназначен да подобри качеството на тампонажните разтвори и промивните течности. Устройството се състои от корпус, в който е поставено стебло с взаимно пресичащи се винтови канали. Чрез промивната помпа циментовият разтвор се подава под налягане във входа на диспергатора. В местата на многократното взаимно пресичане на винтовите канали двата потока се удрят с голяма скорост, като при това се получава разтвор с повишена дисперсност и хомогенност.

Разработеният комплекс съоръжения се характеризира с опростена конструкция, малки габарити и надежна работа. Резултатите от прилагането му са описани в редица публикации и доклади на конференции (В.Аризанов, Н.Червенаков и др., 1985, 1986, 1988).

В редица случаи методите на забойната заливка при ликвидиране на усложнения не дават качествен и траен резултат, изразяващ се в тяхното възтановяване в по-малка или по-голяма степен в зоната на тампониране. Това се обяснява с недостатъчното проникване на тампонажните разтвори (ТР) в каналите на проникваемата среда на определен радиус около сондажа и недоброто сцепление на получавания тампонажен камък със скалата. Поради този “относително повърхностен” ефект на ТР, усложненията се проявяват отново след възтановяване на сондирането в резултат на съвместното действие на следните фактори: формиращото се налягане в сондажа; ерозионното действие на промивния поток върху стената на сондажа; механичното въздействие на сондажния лост върху стената на сондажа в процеса на сондиране и при маневрите със сондажния комплект.

В смисъла на горе посоченото, подобряването на качеството на тампонажните операции може да се постигне при нагнетяване на ТР под налягане в зоните на поглъщане. Така се формира един достатъчен радиус в зоната около сондажа, който да обезпечи доброто запушване и заздравяване на проникваемата среда.

От технологична гледна точка при ликвидиране на усложненията, разработените пакери се характеризират със следните предимства:

- ⇒ дават възможност за използване на бързо свързващи се смеси (БСС), включително и такива с мигновено действие;
- ⇒ дават възможност за прилагане на алтернативна схема на нагнетяване на БСС или такава със забоеен смесител;
- ⇒ дават възможност за нагнетяване на БСС и ТР от долу на горе в зоната на усложнение, без да се губи време между отделните заливки, като в крайно горно положение се извърши пакерирание и нагнетяване на ТР или БСС под налягане;

⇒ дават възможност за обработване на две или повече разделени зони.

Успешното ликвидиране на зоните на усложнение изисква:

- ⇒ точно локализиране на зоните на усложнение и съответно тяхната мощност;
- ⇒ брой на интервалите, определящи зоната на усложнение;
- ⇒ характер на зоната по отношение на формиращите я скални празнини;
- ⇒ интензивност на поглъщането или притока при конкретните условия на сондиране.

За целта се използва разработения разходомер РС-42, състоящ се от: спускаем прибор – разходомер  $\varnothing$  42 mm, с турбинен импулсен датчик с дискретно действие; двужилен кабел с дължина 500 m, свързан с разходомера и навит на лебедка; броячна ролка с реверсиращо действие, отчитаща дълбочината на разходомера в сондажа; регистриращ прибор.

Разходомерът е предназначен за работа с вода на дълбочина до 500 m. Отчитайки чувствителността и точността на турбинния датчик, той е снабден с цетриращи втулки за  $\varnothing$  59 mm и  $\varnothing$  76 mm, позволяващи му да работи и в наклонени сондажи.

Качеството и ефективността на тампонажните операции в значителна степен се определя от използвания ТР. Творческият колектив се насочи към използването на БСС с мигновено действие на основата на циментов разтвор, обработен с калциев двухлорид ( $\text{CaCl}_2$ ) като ускорител на свързването и разтвор на водно стъкло ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ). Тази система на БСС се характеризира със следните предимства:

- ⇒ приложими са при зони на поглъщания с различна големина на каналите на проникващата среда поради добрата си проникваща способност;
- ⇒ значително повишават качеството на тампонажните операции, което е резултат на добрата проникваща способност и бързото свързване на смесите в каналите на проникващата среда;
- ⇒ снижават се разходите на материали, тъй като се намляват чувствително загубите на тампонажни разтвори и разходите свързани с повторението на тампонажните операции;
- ⇒ компонентите на системата са лесно достъпни на пазара и имат ниска цена;
- ⇒ за приготвянето на разтворите не са необходими специални условия и технически средства;
- ⇒ като цяло значително се намаляват разходите на време за ликвидиране на поглъщанията.

Механичната скорост на сондиране е основен показател за оценяване на ефективността на разрушаване на скалата в процеса на сондиране. Чрез неговото измерване и регистриране могат да се решават редица важни задачи като определяне вида и категорията на сондираните скали (механичен каротаж), състояние и ефективност на скалоразрушаващият инструмент, баланс на работното време, анализ на технологични ситуации, предовратяване

на аварии, автоматично регулиране и управление на сондажният процес и др. По договор с ГПП – Ямбол в периода 1983 – 1985 г. в катедра СДНГ беше разработен микропроцесорен индикатор на механичната скорост на сондиране (Н.Червенаков, 1983, 1989). Това беше един от първите опити в света за прилагането на микропроцесори в условията на геологопроучвателното сондиране. Като принцип на измерване беше избран измерване на проходката за фиксиран интервал от време. Проходката се преобразуваше в напрежение чрез многооборотен потенциометър, след което чрез аналогоцифров преобразовател се преобразуваше в цифров вид. Чрез микропроцесор се изчисляваше механичната скорост на сондиране и получените данни се записваха на касета за следваща обработка с персонален компютър.

По договор с Геолого-проучвателно предприятие – София в периода 1990-1991 г. беше разработен пакер за циментиране на хоризонтални сондажи. Като основа беше използван разработения за нуждите на Горубсо – Мадан цилиндричен пакер. Допълнително беше конструиран преходник, който се завива над пакера и позволява свободното въртене на сондажния лост по време на спускането му, без това да води до задействане на пакера.

В резултат на дългогодишното сътрудничество с производствените организации в областта на проучвателното сондиране бяха номинирани 2 доценти, 7 доктори на науките и 2 ст. н. сътрудници.

В момента в кат. СДНГ се подготвят 2 докторанти. Публикувани са голям брой научни статии, учебници и книги и са изнесени много научни доклади на конференции у нас и в чужбина. Изнесени са лекции в различни институти и университети у нас и в чужбина. Бяха осъществени посещения в Швеция, Белгия, Полша, СССР, Китай, Испания, Тунис, Алжир, Мароко, Румъния, Франция и др.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аризанов В. 1972. Исследования эмульсионных промывочных жидкостей при алмазном бурении и их применение в буровой практике. *Материалы первой научно-технической конференции по алмазному бурению в странах – членах СЭВ. Москва.*
- Маринов Ф., Аризанов В. и др. 1970/71. Диамантено сондиране с водни емулсионни промивни течности. *Годишник на ВМГИ, т. XVII., св. IV., с.*
- Маринов Ф., Аризанов В. и др. Електронен емулсиометър за антивибрационни промивни течности. *Годишник на ВМГИ, т. XVII., св. IV., с. 1970/71.*
- Аризанов В., Маринов Ф., 1970. Антивибрационна емулсия за диамантено сондиране. *Авт.свид. No.13323, София*
- Аризанов В., Маринов Ф. и др., , 1972. Универсален електронен емулсиометър. *Авт.свид. No.18721, София.*
- Аризанов В., Маринов Ф., 1969. Антивибрационна емулсия за диамантено сондиране. *Авт.свид. No.14726, ИИР, София*
- Аризанов В., Иванов С., 1986. Закономерности на изкривяване на дългите хоризонтални сондажи,

- средства и технология за коригирането им. *Минно дело № 9*
- Jordanov D., Nenkov N., et col., 1987. Forage a la mouse. *Troisieme seminaire International Minier – ISTIM, Gafsa, Tunisie*
- Аризанов В., Червенаков Н., 1985. Тампонажно устройство. Авт.свид. No.43280/29.05.1986г
- Аризанов В., Червенаков Н., 1985. Тампонажно устройство за геологопроучвателни сондажи. - *Научнопрактическа конференция по техника и технология на сондирането, 30-31 май, Асеновград.*
- Аризанов В., Червенаков Н., Цанев В., 1986. Тампониране под налягане на геологопроучвателни сондажи. – *Годишник на Минно-геоложкия университет, т. XXXII, св. IV, 185-193.*
- Аризанов В., Червенаков Н., Цанев В., Златанов В., 1988. Комплекс технически средства и технология за борба с усложненията при диамантеното сондиране в ГОРУБСО. - *Годишник на Минно-геоложкия университет, т. XXXIV, св. III, 147-152.*
- Аризанов В., Червенаков Н., Златанов В., 1989. Хидроежекторен миксер. - *Конференция по проблемите на проучвателното сондиране, 6-7 юни, Асеновград.*
- Червенаков Н., Аризанов В., 1986. Сондируем пакер. - Авт.свид. No.43280/29.05.1986г. кл. E21B 33/13.
- Червенаков Н., Аризанов В., 1988. Смесител за течности. – Авт.свид. No.46438/29.09.1988г. кл. B01 F3/08.
- Червенаков Н., 1983. Устройство за измерване на линейна сондажна скорост. – Авт.свид. No.35277/26.01.1983г. кл. G01 P3/66.
- Червенаков Н., 1989. Прибор за измерване на механичката скорост при сондирането. - *Конференция по проблемите на проучвателното сондиране, 6-7 юни, Асеновград.*
- Червенаков Н., 1989. Програмно осигуряване на микропроцесорен индикатор на механичката скорост на сондиране. - *Годишник на Минно-геоложкия университет, т. XXXV, св. III, 121-125.*

Препоръчана за публикуване от  
катедра "Сондиране и добив на нефт и газ", ГПФ