



**НЯКОИ ПРОБЛЕМИ СЛЕД ЛИКВИДИРАНЕТО НА УРАНОВИ
ГЕОТЕХНОЛОГИЧНИ РУДНИЦИ, ОТРАБОТВАНИ ЧРЕЗ СОНДАЖНИ
СИСТЕМИ (IN SITU LEACHING)**

А.А.Кузманов, Т.Д.Стефанов

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСЛЕ ЛИКВИДАЦИИ УРАНОВЫХ
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РУДНИКОВ, ОТРАБОТАННЫХ
СКВАЖИННЫМИ СИСТЕМАМИ (IN SITU LEACHING)**

Коротко рассмотрены история приложения скважинных геотехнологических систем (СГТС), их сущность и условия для успешного применения.

Сделана попытка оценить воздействие СГТС на окружающую среду и особенно на подземные воды после прекращения эксплуатационной деятельности. Доказано, что основными неблагоприятными гидрогеологическими последствиями являются ухудшение химсостава, уменьшение статических запасов и изменения гидродинамической обстановки.

В качестве наиболее выгодного варианта для ограничения отрицательного воздействия предлагается проектирование, обозначение и соблюдение санитарно-предохранительных зон (СПЗ), а также хорошо продуманный мониторинг.

През 1962 - 63 г.г. започват опитите за прилагане на сондажни геотехнологични системи за добив на уран. През 1964 г. в САЩ този метод е внедрен в практиката. В бившия СССР редовна експлоатация се осъществява от 1965 г. През 1967 г. се провеждат експерименти, а през 1968 г. са добити първите тонове уран от българското находище "Орлов дол".

Впоследствие с този метод са отработвани и находищата "Хасково", "Селище", "Мъдрец", "Владимирово", "Навъсен", "Марица", "Чукарово", "Тенево", "Окоп", "Дебър", "Троян", "Церетелево", "Царимир", "Белозем", "Трилистник", "Симитли" и др. На находищата "Мелник", "Златолист", "Грагешница", "Марица", "Припечене", "Елешница" и др. са проведени опитно - изследователски работи, но резултатите са показали техническа невъзможност или икономическа нецелесъобразност от въвеждането им в експлоатация.

Към 1989 г. България бе на първо място в света по относителния дял (около 70%) на урана, добиван чрез геотехнологични методи.

СЪЩНОСТ НА МЕТОДА

Добиването на уран чрез геотехнологични сондажни системи (ГТСС) е един от методите на геотехнологията. Други методи са получаването на разтворими соли, на сярна (чрез разтапяне в недрата), подземна газификация на възглицата, сондажният хидродобив, подземното излужване на елементи (молибден, рений, ванадий, редки земи, селен и др.). В повечето случаи става въпрос за приваждането на полезния компонент в подвижно състояние чрез използването на физични, химични, микробиологични или комбинирани процеси на мястото на залягане. Полезното изкопаемо се третира с разтвори на извличащи реагенти и интензификатори на процеса. Подаването на извличащите и добиването на набогатените разтвори се осъществява чрез сондажи, прокарани от повърхността, където се намират и инсталациите за извличане на полезните компоненти и подготовката на разтворите за последващо използване. Като извличащ реагент най-често се прилагат разтвори на сярна киселина с концентрация от няколко грама до 10 - 12 г/л.

Разработени са и комбинирани системи, съчетаващи класическите и геотехнологичните способности.

Най-широко приложение ГТСС са получили при отработването на уранови руди с ниско съдържание, залягащи в благоприятни литоложки, геохимични и хидрогеоложки условия.

С тези системи на практика се реализира хидрометалургия на местозалягането на рудните тела, с използването на процеси, противоположни на тези, довели до образуването им.

УСЛОВИЯ ЗА ПРИЛАГАНЕ

Успешното прилагането на ГТСС зависи най-вече от природните фактори, като минералната форма на полезния компонент, литоложки, минераложки и химичен състав на наместващите скали, дълбочина на залягане, морфология на рудните тела, структура и текстура на рудата, обводненост на масива, филтрационна нееднородност на продуктивния хоризонт, величината на филтрационните параметри, наличието на водоупори над и под рудните тела, химизъм на подземните води и др.

Такива благоприятни условия обикновено са налице в седиментните епигенетични находища на уран, свързани със зоните на кислородно пластово окисление. Най-често това са находища, формирани в седиментите на гревни и млади депресии, характеризирани се с пластообразна и лещообразна форма и залягащи съгласно с наместващите скали. Този тип находища е характерен с много широкото си разпространение. В тях са съсредоточени около половината от световните запаси на уран.

Източник на урана са скалите, заобикалящи басейна и изграждащи фундамента, от които той се излужва и мигрира под действието на много фактори, най-важен от които е наситената с кислород вода. Отлагането и концентрирането му се извършва на т.н. геохимични бариери, обикновено свързани със зоните на прехода от окислителна към редукционна обстановка.

Това са своеобразни природни капани, около които се концентрира не само уран, но и селен, молибден, ванадий и др. елементи, намиращи се във водите.

С излизането на ПМС № 163/1992 г. в България започна закриването на уранодобивната дейност и се пристъпи към ликвидация на действащите и по-рано закритите рудници.

Това наложи да се проведе цялостна оценка за въздействието от прилагането на ГТСС върху компонентите на околната среда.

Проведените от нас изследвания на рудниците "Хасково", "Симитли", "Белозем", "Троян", "Чукарово" и др. установиха, че най-силно изразени са промените в състоянието на подземните води, в по-малка степен е влиянието върху почвеното покритие, а въздушната среда не е изменена.

Въздействието на ГТСС върху състоянието на подземните води произтича основно от използването на агресивни сярнокисели разтвори и нагнетяването им под налягане от няколко атмосфери в недрата.

Това води до влошаване състава на подземните води и изменения на нивата им спрямо природните, до разтичането на продуктивни разтвори встрани от рудното поле, до намаляване на статичните водни запаси, до промяна на посоката на движение на подземните води и до изменения на филтрационните свойства на рудовместващите скали.

Някои от посочените изменения по-конкретно могат да се охарактеризират така:

- Влошаване химичния състав на подземните води

Сравнени със състава на природните води преди започване на експлоатацията, оставащите в пласта технологични разтвори след приключването ѝ имат повишена минерализация, вследствие разтварянето на урановите и други минерали. Сухият остатък на тези разтвори в някои случаи е 25-30 пъти по-висок от този на природните води.

Основно повишената минерализация се дължи на наличието на сулфатните, железните и алуминиевите йони.

В таблица № 1 е показан съставът на природните води и на остатъчните в пласта технологични разтвори.

Представените в таблица № 1 резултати не изчерпват разнообразието на замърсителите, тъй като са показани само най-важните. Като допълнителни замърсявания, достигащи наднормени стойности, могат да се посочат още обща бета-активност, манган, мед, ванадий, кобалт, амониеви йони, кадмий, никел и редица други.

Този състав предопределя и практическата неизползваемост на тези води за кавкито и да е нужди без предварително кондициониране. Паралелно с това е налице и въпросът с тяхното съхраняване и контролиране.

Съществено е да се отбележи, че в много случаи природните води по принцип са били некондиционни по своя състав преди началото на добивната дейност и като такива не е било възможно да се използват за водоснабдяване, още повече, че това са води от дълбокозалягащи пластове, експлоатацията на които икономически не може да бъде изгодна при наличието на по-плитко залягащи водоносни хоризонти.

Таблица №1

Находище	Обща мин. g/l	pH	H ₂ SO ₄ g/l	SO ²⁻ ₄ mg/l	Fe mg/l	Al mg/l	U mg/l	Ra Bq/l	Вид на разтвора
“Тенево”	1.142	7.3	-	531	0.055	0.77	-	1.746	пластови
	15.170	2.67	0.4	12456	708	962	2.22	2.719	технологичен
“Окоп”	1.174	7.2	-	606	0.012	0.295	-	-	пластови
	17.53	2.3	0.6	14481	692	1170	3.07	4.158	технологични
“Белозем”	0.711	7.9	-	61	-	-	1.2*10 ⁻³	0.49-	пластови
	17.714	2.15	-	13576	820	670	9.0	0.23	технологичен

Експлоатацията на по плитките хоризонти, е възможна след надежно тампониране на всички геотехнологични сондажи.

- Разтичане на продуктивни разтвори в страни от рудното поле вследствие нагнетяването на излужващи разтвори

Разтичането на разтворите се осъществява преди всичко в план и в по-малка степен в разрез. Последното се получава само в случаите, когато е налице дефектирал нагнетателен сондаж. Тогава се установяват локални замърсявания на по-плитко залягащите хоризонти, които се изразяват предимно в повишаване съдържанията на сулфатните йони. Поради сравнително бързата обмяна на водите в тези хоризонти, замърсяванията лесно се ликвидират чрез провеждане на водочерпения и нагнетяване на замърсените води във вече отработени блокове.

Разтичането на работните разтвори в план е обусловено от най-често прилаганите схеми, при които оконтуриращите рудното тяло сондажи са нагнетателни.

Мащабите на разтичането се установяват чрез наблюдателни сондажи, прокарани встрани от експлоатационните блокове и с такива, заложи в плиткозалягащите водоносни хоризонти. Разтичането се определя чрез изследване състава на водите и чрез провеждане на геофизични изследвания - основно електрокаротаж и метод на зареденото тяло.

Разтичането е по-голямо в направлението на естествения поток на водите, отколкото срещу него.

Разтичането на технологични разтвори встрани от пласта обикновено не надвишава 100 - 200 м, маркирано по сулфатните йони, които за конкретния случай имат най-голяма миграционна способност.

Това относително слабо разтичане се дължи на рязката смяна на хидрохимичните условия в пласта - в експлоатираната част стойността на водородния показател е по-ниска от 2, докато за природните води рН е около 7 - 8. По този начин се създават много добри условия за неутрализация на разтворите и утаяване на повечето от наличните замърсители. Може да се каже, че се реализира една изкуствено създадена гео- и хидрохимична бариера, която на практика ограничава движението на замърсителите.

- Намаляване на статичните водни запаси

Като бе посочено по-горе, това намаляване на запасите се дължи както на изчерпването водни количества, така и на създаването на големи обеми замърсени води, които практически са неизползваеми. Количественото намаляване на запасите е следствие от провеждането на строителни водочерпения за усвояване на геотехнологичните сондажи. Като се има предвид, че броят на сондажите в някои участъци надхвърля 2000, то е ясно, че за кратко време се изчерпват големи водни количества. За самия процес на експлоатация това в крайна сметка не е фатално, понеже се създава депресионна фуния, която снижава възможността за разтичане на разтворите. След прекратяване на добива първоначалното ниво се възстановява и притокът на природни води за

запълване на фунията ограничава разтичането на остатъчните работни разтвори.

Докато количественото намаляване на запасите след време се компенсира от на естествения воден поток, то намалянето на запасите поради влошаване на химичния им състав води до изключването от баланс на големи водни количества, които в зависимост от производителността на рудника могат да достигнат до няколко десетки милиона кубически метра.

- Промяна на хидродинамичната картина (посока на движение на водите)

Както бе посочено по-горе изчерпването на големи водни количества при първоначалното въвеждане на сондажната система в действие, а също така и поради изпарения от работните разтвори по време на обработката им на повърхността, от пласта се извеждат големи водни количества, които са предпоставка за промяна на водните нива в експлоатирания водоносен хоризонт а от там и до промяна на хидродинамичната картина в района на рудника и в близост до него.

В някои случаи понижението на статичното водно ниво надвишава 2 метра.

След отработването на находището при определяне на хидродинамичната мрежа и прогнозиране посоката на движение на замърсените води важно място има и гравитационният потенциал, предизвикан от минерализираните остатъчни разтвори, които имат по-високо обемно тегло. Неотчитането на този фактор може да доведе до неточна прогноза за направлението на движение на замърсените води, защото в някои случаи реално се получава дори повишение на водното ниво над първоначалното до няколко десетки сантиметра.

- Промяна на филтрационната характеристика на средата

Промяната на филтрационната характеристика на средата е двупосочна. При наличие на карбонати може да се получи колматуване на пласта и да се компрометира филтрационното извличане. В друг случай, обаче, вследствие разтварянето на част от минералите, изграждащи вместващите скали, проводимостта на пласта се повишава. Тази промяна на филтрационните показатели, разбира се, е локална, но при отчитането на въздействието на ГТСС върху подземните води трябва да се има пред вид.

Проверждането на изследвания за определяне въздействието на ГТСС върху подземните води естествено в крайна сметка има за цел да се даде и препоръка за тяхното третиране. Теоретично няма никакви проблеми за пречистването на тези води, дори до качествата на дестилирана вода. Съществуват множество методи за пречистване, основани на химични, физични, физико-механични, микробиологични и комбинирани методи. Практически това е много трудно за постигане. Основната причина е, че каквито и методи да се приложат, основният резултат ще бъде както получаването на пречистени води, така и натрупването на огромни количества твърди и течни отпадъци, които по обясними причини са радиоактивни.

Съхраняването на тези отпадъци поражда нови проблеми, които са много трудно разрешими, особено след ликвидацията на уранодобивната дейност.

Поради промяна в състава на преработваните разтвори, вследствие на тяхното пречистване, се налага постоянно адаптиране на пречистващите технологии, което изисква време и допълнителни средства.

Тотално пречистване е възможно и обосновано само за изключително екстрени ситуации, когато друг изход няма.

По разумният подход според нас, който междо другото се предлага и от други изследователи, е оформянето на т.н. Санитарно предохранителни зони (СПЗ).

Резултатите от проведените изследвания показваха, че потенциалните възможности на природната среда за естественото пречистване на замърсените разтвори са достатъчно високи. Това се обуславя от рязката разлика в химичната природа на природните води и работните разтвори. Във водоносните хоризонти има условия за неутрализация на остатъчната сярна киселина, сорбиране на замърсителите от природни сорбенти в скалите, разреждане с чисти пластови води. На границата с естествените пластови води се извършва неутрализация на технологичните разтвори и съответно утаяване на по-голямата част от разтворените вещества в тях. Това утаяване естествено се извършва в активното порово пространство, което намалява филтрационните свойства по тази граница и възпрепятствува разтичането. Освен химичната колматация тук значение има и физичната, т.е. утаяването на механичните примеси, намиращи се в разтворите вследствие високите хидравлични градиенти, които се създават в процеса черпене - нагнетяване.

Поради това считаме, че най-целесъобразно е замагазинирането на тези води в зоната на тяхното местонахождение и контролиране на тяхното поведение във времето.

Предимствата от прилагането на СПЗ за третиране на замърсяването са следните:

- икономически и технически най-лесно се осъществяват;
- не се изисква разработването на нови технологии, но мониторинговите изследвания трябва да са особено прецизни;
- запазват се възможностите, ако след време се намери ефективен начин за пречистване, той да бъде приложен;
- макар че не се решава радикално проблемът със замърсяването, определянето на СПЗ на практика предхожда всеки вариант, понеже контролиране движението на разтворите е необходимо при всички известни технологии;

Изграждането на СПЗ включва две направления:

- Определяне границите на разтичане на замърсяването и тяхното изменение във времето - това на практика представлява проектиране на замърсената част от продуктивния хоризонт върху земната повърхност. В тази площ не бива да се допуска изграждането на водоземни съоръжения, за

което е необходимо да бъдат уведомен местните общински съвети и заинтересованите организации.

- Изграждане на мрежа от наблюдателни сондажи, чрез които да се следи разпространяването на замърсяването в хоризонтално и вертикално направление. На тази база се прави преоценка, като границите се коригират във времето.

Въздействието на ГТСС върху почвения слой са ограничени и предимно са предизвикани от неспазването на трудовата и технологична дисциплина. В по-редки случаи разливите на технологични разтвори се дължат на промишлени аварии. Резултатите от проведените наблюдения показват, че това замърсяване се локализира около напорните тръбопроводи и сорбционните комплекси. Ликвидирането на последствията от разливите се извършва чрез незабавна неутрализация с калциев хидрооксид и риголване или изгребване на замърсените почви след приключването експлоатацията..