

## ГЕОТЕХНОЛОГИЧНАТА НАУКА В МГУ "СВ. ИВАН РИЛСКИ" – НЕОБХОДИМОСТ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА ОБУЧЕНИЕТО НА МИННИ ИНЖЕНЕРИ - ГЕОТЕХНОЛОЗИ И НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПО ФИЗИКОХИМИЧЕСКА ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

**Владимир Данов**

*Минно-геоложки университет "Св.Иван Рилски", 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** В доклада се разглеждат следните основни въпроси: същност и промишлени мащаби на геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми *in situ* в света и в България, справка за развитието на геотехнологичните изследвания в България, характеристика на специализацията "Геотехнология" в МГУ в миналото (1982-95 г.) - магистърска специалност за студенти по минно инженерство и геоложки специалности, актуални задачи и перспективи за развитие на физикохимическата геотехнология в МГУ „Св. Иван Рилски“ за обучение на минни инженери – магистри и за комплексни научни изследвания.

THE GEO-TECHNOLOGY SCIENCE AT THE MINING AND GEOLOGY UNIVERSITY "ST.IVAN RILSKI" – NECESSITY AND PERSPECTIVE FOR DEVELOPMENT OF TRAINING FOR MINING ENGINEERS GEO-TECHNOLOGISTS AND SCIENTIFIC RESEARCH IN PHYSICAL AND CHEMICAL GEO-TECHNOLOGY

*Vladimir Danov*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT.** In the paper are reviewed the following fundamental problems: essence and industrial scale of geo-technological production of hard raw materials *in situ* in the World and Bulgaria, information about the geo-technology research in Bulgaria, characteristics and the specialization "Geo-technology" at MGU in the past (1982-95) – masters specialization of mining engineering students and geology specialists, current problems and perspectives for development of physical and chemical geo-technology at MGU "St. Ivan Rilski" for training engineers in a masters program and the complex research and development

### I. Същност, обхват и промишлени мащаби на Геотехнологичния добив на твърди полезни изкопаеми (ГТД) в чужбина и у нас [1, 4, 5]

1) **Същността** се характеризира в превръщане на твърдите полезни изкопаеми (п.и.) "in situ" във флуиди (разсол, метални разтвори, горивен газ, воден пулп и др.) и чрез преработката им – добив на стокови продукти на място в района на находищата.

От началото на 50-те години на 20 век до настоящо време ГТД се развиваше в бързо нарастващи промишлени мащаби! И се утвърди като 2-3-5 пъти по ефективен от конвенционалните подземни и открит добив на твърди п.и. (+ последващите сложни и скъпи технологии на преработка до стокова продукция!). При това се доказва, че екологичните задачи при ГТД са минимизирани (има само текущи, отсъстват крупните и дълготрайни до стотици години техногенни обекти) и може да се осигурява екологична безопасност при разработване на находищата.

#### 2.) Обхват и промишлени мащаби на ГТД

**А. Подземно сондажно разтваряне на солни находища**, добив на разсоли и солни продукти: обобщено 90-95% от световния добив.

**В България** – находище Мирово и Фирма "Геосол" АД (гр.Провадия): едно от най-големите в света (годишен добив 10-12 млн.м<sup>3</sup> в продължение на няколко десетилетия, сега е намален); осигурява сол за битови нужди за страната и химическите производства в гр.Девня; перспективи за 50-60 години и повече.

**Б. Геотехнологичен добив на уран, мед и съпътстващи редки метали**, също на злато, сребро, цинк, манган и съпътстващи други метали – чрез подземно излужване на руди и излужване на открито в изкуствени съоръжения и чрез излужване на техногенни обекти и тяхното екологично обезопасяване – пром. мащаби: над 50-60% от световния добив на уран, 30-35% от медта, значителни количества злато, сребро, цинк, манган и голяма група редки метали.

**В България:** ГТД на уран се разви изключително бързо от 1970 г. до "ликвидацията" (!) през 1992 г. и още към 1980 г. достигна 67-70%, и България излезе на **1<sup>во</sup> място в света** (!); 3-4 пъти по-евтин добив от конвенционалните подземни рудници (+...).

Перспективите за възстановяване и развитие на ГТД на уран до 2040-50 г. и в по-далечно бъдеще са обективно обосновани (налични запаси 21000 t и перспективни в нови находища 50-60000 t – може да осигуряват АЕЦ-ли за 20-25 години от наличните запаси и за още 50-60 години от

перспективните запаси). ГТД на уран може да започне отново (примерно) през 2014-2015 г. – множество фирми от България и от чужбина са представили в МИЕ и МОСВ съответни заявления, очакват се решения на МС.

**В България:** ГТД на мед се развива от 1974 г. насам само чрез излужване на извънбалансови насипища (откривка) и труднообогатими руди (инсталациите Елшица, Медет, Асарел и Цар Асен); от 2005 г. – и чрез излужване на флотационния отпадък "Медет".

Но перспективите са крупно-мащабни: всички медни находища (извлекатели запаси над 1,2 млн.t, дадена е концесия за най-голямото находище Прохорово, над 600000 t мед), крупните насипища Медет, Асарел и Елаците (извлекатели над 0,6 млн.t), крупните флотационни стопанства Медет (след закриването им), Асарел, Елаците и Челопеч, старите на Бургаски медни мини, други в Средногорieto, + металургичните отпадъци в Пирдоп, Кърджали и Пловдив – обобщено извлекателите запаси в отпадъчните стопанства са над 0,6-0,7 млн.t мед. Конвенционалният открит добив в Елаците-мед, Асарел-Медет и Челопеч-Майнинг ще приключи след 15-20 години.

Бъдещият добив на мед през 21 век ще бъде високоефективен и екологично безопасен **само по геотехнологичен начин "in situ"**. При това с усвояване производството на съпътстващи редки и разсеяни метали ефективността ще се увеличи още повече.

**В. Подземна сондажна газификация на въглища и въглищни шисти:** от 70-80 години насам, но главно след 1960 г. промишлените мащаби нарастват главно в САЩ, Русия, Украйна, Франция, Китай и др..

У нас тази геотехнология не бе развита досега, но перспективите са напълно реални: например (в началото) в стръмната част на Бобовдолския басейн може да започне подземна газификация на въглища и добив на горивен газ! И на въглищните шисти в Ю-И България.

**Г. Подземно сондажно разтопяване и газификация на серни находища:** главно в САЩ и Русия (но вече и в други страни) от 70-80 години насам серните находища се разработват само по тази технология, високоефективно и екологично безопасно!

**Д. Подземен сондажен и минен хидродобив** на въглища, уранови, златни, железни и други руди: главно в САЩ, Русия, Украйна, Канада, Полша, Китай и др. Също така от 70-80 години насам, но главно след 1950-60 г. промишлените мащаби ежегодно нарастват и понастоящем са значителни.

**У нас** тази геотехнология не е развивана и дали има перспективи не е изяснено!

**Е. Сондажен добив на земна топлина** във вид на водно-паров флуид от находища на геотермални аномалии и от голяма дълбочина в земната кора: съществуват Геоелектроцентрали в над 120 страни (водещи САЩ, Русия, Италия, Германия, Китай): чрез сондажни системи се разработват (все още и само) находища на високотемпера-

турни подземни води, но се експериментират и системи за добив на земна топлина от скалните масиви на дълбочина 3-5 km!

**У нас** тази геотехнология все още не се прилага! Но реалните перспективи са налице: в геотермалната аномалия на Ермореченския руден район и съществуващите подземни оловно-цинкови рудници; добив на гореща вода чрез предварителен топлинен дренаж (охлаждане) на добивните блокове. Другият перспективен район са Средните Родопи с високотемпературни подземни води; има и много други райони, недостатъчно проучени.

**Ж. Други разновидности на Физико-химическата геотехнология** (с начални промишлени мащаби и дългосрочни перспективи!): Термо-химически и термо-динамични методи при разработване на находища на тежък нефт, битуми и други каустобиолити, Добив на метали и други полезни елементи от природни минерални води и от техногенни води от рудната, химическата, металургичната и нефтената промишленост. Развиват се водещо в САЩ, Русия и някои други страни.

**У нас** все още не се прилагат! Но перспективите са налице и са особено актуални и неотложни (за добив на метали и за екологично обезопасяване преди всичко!) за замърсените и непрекъснато замърсяваните води от закритите уранови рудници, от металургичните заводи, изтичащите от насипищата води на урановите рудници, на Медет, Асарел и Елаците, от действащите хвостохранилища на Челопеч, Елаците и Асарел, от много закрити хвостохранилища в страната.

## II. Обобщена справка за развитието на геотехнологичните изследвания в България

1) Физико-химическата геотехнология, като **приложна наука**, се развиваше само по добива на уран: крупномащабно, комплексно и много интензивно в ИО "Редмет" (при ДФ "Редки метали"). Тя бе родена в началото на 60-те години на 20 в. като Научно-производствено предприятие. След 1970 г. нейният състав много бързо нарасна до около 300 инженери - изследователи, научни сътрудници III, II и I степен в лабораториите, ст.н.с. II и I степен, доктори, инженери и висш Научен Съвет. В проектантската организация (към ИО "Редмет") работеха 500-600 проектанти.

Главният научен и приложен резултат бе крупномащабното развитие на сондажния уранодобив в хидрогенните находища с естествена проникваемост в Горно-Тракийската низина – находища със сложни хидрогеоложки условия и 2-3 пъти по-бедни от аналогичните в чужбина и които е невъзможно да се разработват по конвенционален подземен начин. И това бе изключително постижение!

Това развитие продължи до 1992 г., до необоснованата "ликвидация!" на ДФ "Редки метали".

Научните изследвания по уранодобива у нас бяха на най-високото световно равнище на физико-химическата

геотехнология във водещите САЩ и СССР, и по редица задачи у нас – с оригинални постижения, в т.ч. изобретения и патенти.

Главните проблеми, по които от 1965-70 до 1990 г. се извършваха комплексни изследвания, опитно-промишлени работи и поетапно внедряване в геотехнологичните рудници и участъци, се обобщават в следените направления:

- технологии за сярно-кисело и алкално излужване на разнородните типове руди в естествено състояние "in situ" и на разрушени и магазинирани руди в подземни блокове, в купове и в траншеи на открито;
- бактериална интензификация на излужването - в р-к "Симитли" бе внедрен промишлен биореактор;
- технологии за сорбционна преработка на продуктивните разтвори до незавършената продукция "уран в смола";
- обосновка и внедряване на най-ефективни варианти на сондажните системи и на системите за подземно излужване на магазинирана руда;
- мембранни технологии;
- усъвършенстване на производствените процеси в заводите "Металург" (гр.Бухово) и "Звезда" (с.Елшица, Разложко);
- автоматизирани системи за проектиране на геотехнологични рудници за сондажен уранодобив (начални разработки);
- технологии за производство на ванадий, рений, редкоземни елементи, злато, сребро, волфрам, алуминиева стипца – през 1985-87 г. започна опитно-промишлено производство.

Особено заслуга в това развитие имат групата до 15-20 специалисти и научни работници от сродни научни организации от СССР, работили у нас дълго време (по 2 – 4 години) до 1990 г.

2) В КНИПИ "Нипроруда" през периода 1965-75-80 г., също така бяха развивани целенасочени геотехнологични изследвания само на проблема купово излужване на трудно-обогатими медни руди и на откривка, и на добива на меден концентрат (вж. по-горе, новото е от 2000 г. насам с преустройството на инсталациите в "Цар Асен" и "Асарел" за производство на мед, както и технологията за излужване на флотационния отпадък "Медет" и производство на мед).

3) Във ВМГИ (сега МГУ) през същия период в Катедра "Обогатяване на полезни изкопаеми" Проблемната лаборатория по минерална биотехнология извърши ограничени изследвания по задачата за бактериална интензификация на излужването на мед от трудно-обогатими руди (обектите на Нипроруда). Следва да се отбележи недостатъка, че не бе реализиран никакъв проект за третираните обекти.

Съвместно са катедра "Минно дело" (по нейна идея) бе разработена технология и работен проект за подземно излужване на магазинирана руда в (затворения) р-к "Изд-ремец" (над гара Бов); след извършено строителство и пред пускане, обектът бе спрян силово от "Центъра".

И още една крупна Програма по метода бе спряна "силово": Национална програма за геотехнологично разработ-

ване на медните находища и добив на мед 1985-2000 г." – подготвена от катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми и геотехнология" и парафирана от НИС-ВМГИ и от Ген.Директор на ДСО "Минерални суровини". По тази програма се предвиждаха дългосрочни комплексни геотехнологични изследвания, поетапно проектиране и внедряване.

### III. Специализацията "Геотехнология" във ВМГИ, в миналото (1982-1995 г.) – развитие на физикохимическата геотехнология за обучение на инженери-геотехнолози

С Решение на МС/М.1982 г., предвид достигнатия крупен мащаб на ГТД на уран във ВМГИ бе открита специализация Геотехнология, за потребностите на действащите 39 геотехнологични рудници за добив на уран (в смола) "in situ" и за научната и проектантска организация ИО "Редмет"; също и за меднорудните предприятия.

В специализацията бяха обучавани всички студенти-стипендианти (+ други желаещи) на ДФ "Редки метали" и меднорудните предприятия от специалностите РПИ, ОПИ, ТТС и ХИГ, завършили IV курс (и първо дипломиране по основната специалност в 9-ти семестър). Годишно по 15-30 студенти в сборни групи.

Учебният план на специализацията включваше 10 геотехнологични (нови) дисциплини, с общ хорариум 1200 часа, изучавани през 9 и 10 семестър и през 11 семестър – 4-месечна (платена) преддипломна практика и разработване на дипломните проекти на място в геотехнологичните рудници; защитите (второ дипломиране) се провеждаха в Централата на фирмата в гр.Бухово през м.януари.

Израждането на учебните дисциплини се развиваше ежегодно с пряката помощ от катедра "Геотехнология на рудите" в Московския геолого-проучвателен институт (сега Университет): адаптирани учебен план и учебни програми и подобрявани съобразно сборния състав студенти от различни специалности във ВМГИ.

Редовни преподаватели: Доц.Вл.Данов (Ръководител на специализацията, кат. "РПИ и Г"), гл.ас. Ст.Станков (същата катедра); доц.Д.Асенов (същата катедра, в първите години хоноруван преподавател от ИО "Редмет"-главен проектант); доц.Б.Великов (кат. "Химия"); проф.П.Хаджиев, доц.Фр.Генчев и ст.н.с Ст.Грудев (кат. "ОПИ"), проф.Ив.Димов (кат. "ТМ"), доц.Р.Гълъбов (кат. "РВТБ"), гл.ас. С.Гагов (кат. "Автоматизация").

Хонорувани преподаватели: ст.н.с.Л.Кузманов (Зам. Директор на ИО "Редмет") и инж.Хр.Марчев (главен "сондър" на фирмата).

Гост-преподаватели от МГРИ (кат. Геотехнология): проф.Л.И.Лунов (2 пъти); проф.В.П.Небера и ст.н.с.М.Каше - по за 1 месец.

От 1982/83 г. до 1994/95 г. бяха обучени 169 инженери-геотехнолози - магистри на съвременно равнище (тогава и днес), въпреки много трудните условия на учебно-преподавателската работа и подготовката на изпитите. Всеки студент получаваше ксерокс-копия на 6-7 учебни помагала от МГРИ и няколко монографии по уранодобива, издадени на руски език.

След това някои от Колегията – преподаватели издадоха следните учебници (изд. "Техника"): Прокарване и съоръжаване на геотехнологични сондажи – Хр.Марчев, 1985 г.; Хидрохимия – Б.Великов, 1986; Проектиране на геотехнологични рудници – Д.Асенев, 1986 г. Физически процеси в геотехнологията – Ив.Димов, 1987 г.

През 1987 г. ВАК утвърди научната специалност "Геотехнология и минерална биотехнология".

През 1995 г. специализацията бе закрыта, поради "ликвидацията" (?) на ДФ "Редки метали" и подземните медни рудници (изкл. Челопеч).

#### **IV. Актуални задачи и перспективи за развитие на Физикохимическата геотехнология в МГУ "Св.Иван Рилски"**

##### **A. Актуални основни задачи**

(1) Необходимостта от възстановяване на обучението на инженер-магистри по Физикохимическа геотехнология

(2) Изграждане на "Комплексна лаборатория по геотехнологични изследвания

##### **Б. Актуални задачи по обучението на минни инженери-геотехнолози в дългосрочна перспектива**

В зависимост от програмите за възстановяване на уранодобива и от програмите за геотехнологично разработване на медните находища (Прохорово, Бърдце и др.) и на техногенни отпадъци, по договори с фирмите-концесионери, съчетано с държавните заявки (за нуждите на МГУ), следва да се развива обучението на минни инженер-геотехнолози.

Най-близките задачи, според нас, следва да бъдат:

1) Подобряване на учебните планове на специалностите "Разработване на полезни изкопаеми" и "Минерални технологии" с цел:

а) На равнище "бакалавър" да се въведе като задължителна (а не избираема!) дисциплината "Физикохимическа геотехнология" с хорариум минимум 4+2 часа седмично в 7 (8) семестър още през 2009-10 учебна година. Обучението на тази дисциплина е осигурено със следните книги, издадени от Вл.Данов: Геотехнология (учебник, теория и практика, МГУ, 2006 и Геотехнология (ръководство за упражнения по проектиране на технологията за излужване на руди), Илинден-2000, 2007.

б) На равнище "магистър" да се изградят учебни планове с 5-6 дисциплини (в 9 и 10 семестър) за същите специалности с цел обучение на инженер-геотехнолози по:

(1) "Геотехнологично разработване на рудни находища и техногенни суровини и добив на метали in-situ";

(2) "Хидрометалургична преработка на продуктивни разтвори и добив на метали in-situ".

За целта от 2010/11 учебна година нататък от двете специалности да се обучават магистърски групи по 5-6 студенти по двете магистърски специалности (1) и (2).

2) В преподаваните дисциплини по Минно дело (Минни технологии, Подземен добив, Открит добив) за студентите от други специалности в МТФ, ЕМФ и ГПФ да се изгради (макар и кратък!) раздел от няколко лекции по Физикохимическа геотехнология.

3) В ГПФ по заявки от фирми-концесионери за проучване и геотехнологично разработване на уранови и медни находища е целесъобразно периодично обучение на инженери-магистри по специалностите ГППИ, ТТС и ХИГ, в 9 и 10 семестър.

4) В Комплексния център за обучение и квалификация (КЦОК) през 2014-2015 и следващите години е необходимо да се провеждат 2-3 месечни очно-заочни курсове за осъвременяване на знанията на инженери-геолози, завършили специализация "Геотехнология" (1982-1995 г.), които са приети на работа във фирмите от Корпорацията по уранодобива. Хорариум – 60-90 часа очни занятия (по 1 седмица в месец); ръководство – кат. "ПРПИ". Курсовете завършват с дипломен проект за геотехнологичен рудник (участък) или за сорбционна инсталация за добив на уран в смола и мед.

5) В КЦОК от 2014-2015 г. нататък (примерно) е необходимо провеждане на очни курсове (с откъсване от работата) за обучение на технологични работници (завършили средно образование) за геотехнологичните рудници и сорбционните инсталации – по заявки и договори с фирмите от Корпорацията по уранодобив и от "медните" фирми.

6) Целесъобразно е (периодично) обучение на докторанти в целия обхват на обучението на инженери-магистри, за нуждите на Комплексната лаборатория, на катедрите – за преподаватели, както и за потребностите на фирмите за ГТД на уран и мед.

Обучението на инженери-магистри и докторанти по Физикохимическа геотехнология следва да се планира и изпълнява чрез публично-частно партньорство по Перспективен план на МГУ.

##### **В. Изграждане на Комплексна лаборатория за геотехнологични изследвания по Иновационната стратегия за геотехнологичен добив на метали от рудни находища и техногенни отпадъци**

За целта е необходимо актуализиране и утвърждаване на Проекта от 1983 г. (Ръководител тогава доц.Вл.Данов) и осигуряване на необходимите помощения, назначаване на Ръководител на лабораторията.

В нея, по дългосрочен план следва да се извършват приложни научно-технически изследвания по задачите на Иновационната стратегия, чрез публично-частно партньорство.

Особено важно е дългосрочно взаимно-изгодно сътрудничество с Института по геотехнология в Руската академия на естествените науки и с катедра "Геотехнология на рудите" в Московския държавен геолого-проучвателен университет, с която МГУ имаше много резултатно сътрудничество през 1982-90 г., по специализацията "Геотехнология".

Особено полезно може да бъде взаимноизгодното сътрудничество по геотехнологичните изследвания с научни центрове (по урана, медта и редките метали) в САЩ, Канада и Австралия.

Статут на лабораторията: на централно функциониране с публично-частно финансиране, но на принципа на самоиздръжка. Необходимо е взаимодействие с ЦНИЛ "Геохимия", РТЕМА, УИЛ по ФМ и РСА и ЕМ, както и учебно-изследователските лаборатории към катедри "Минерални технологии", "Химия", "Инженерна геоecология", "ХИГ", "Автоматизация" и др.

По ключови перспективни задачи (комплексни реагенти, йонообменни материали, извличане и производство на редки и разсеяни метали, екологични технологии и др.) е целесъобразно взаимно-изгодно сътрудничество с лаборатории от ХТМУ, ЛТУ, СУ, Геологията и Химическите институти на БАН.

Много полезно може да бъде взаимно-изгодното сътрудничество с промишлените лаборатории на геотехнологичните предприятия за добив на мед. Елшица (от насипище), Медет (от насипище и флотационен отпадък), Асарел (от насипище), Цар Асен (от насипище), както и с лабораториите на Челопеч-Майнинг, Елаците-мед и Асарел-Медет.

#### **Г. Иновационна стратегия за научно-приложните изследвания по геотехнологичен добив на метали от рудни находища и техногенни суровини**

В настоящата стратегия са синтезирани основните иновационни задачи за развитие на геотехнологичния добив на уран, мед и други метали до 2040-2050 година.

##### 1) По технологиите за излужване на метали:

а) Теоретични, лабораторни и опитно-промишлени изследвания на киселинни, алкални и комплексни реагентни състави за излужване на уран, мед и редки метали от всички видове руди и находища, с цел постепенно повишаване степента на извличане на запасите до възможния максимум 80-90%.

б) Изследвания за внедряване на допълнителни химически окислителни към реагентните състави.

в) Целенасочено развитие на минералната микробиология с цел селектиране и внедряване на нови видове

тионовни бактерии, по възможност, за пряко окисление на металите в разнородните руди.

2) По технологичния режим: изследвания и промишлени експерименти за оптимизиране параметрите на хидродинамичния (нагнетателния), гравитачния (оросителния) и хидростатичния (цикличния) технологични режими, с цел подобряване параметрите и конструктивните елементи на системите на разработване за подземно излужване и на открито.

3) Комплексно усъвършенстване на известните и внедряване на нови варианти на системи на разработване за подземно излужване при условията на разнородните уранови и медни находища, особено важно за усвояване на нови водородни залежи в Горно-Тракийската низина на дълбочина до 600-650 m, както и на системите за излужване на открито.

4) Комплексно усъвършенстване на тръбопроводните комплекси и помпените станции и съоръжения на повърхността и в подземните рудници, вкл. дренажните съоръжения, хидроподемните шахти и рудничните дворове, с цел поевтиняване и осигуряване на дългосрочно и безремонтно обслужване на тръбопроводите и добивния процес.

5) Интензификация на добивния процес чрез физически методи: въздействие с електрично поле, сондажно-взривно, хидродинамично и пневмодинамично разтърсващо въздействие в добивните блокове с цел подобряване на филтрационните свойства и кинетиката в добивните блокове.

6) Усъвършенстване на съществуващите и по възможност създаване на нови видове йонообменни материали (смоли и течни екстрагенти) за високоефективно селективно извличане на урана, медта и други полезни и вредни компоненти от продуктивните разтвори.

7) Заедно с това – усъвършенстване на техническите съоръжения (колони, реактори, вани и др.) и на самите хидрометалургични процеси – селективна сорбция, течна екстракция и спомагателните процеси.

8) Комплексна автоматизация и внедряване на автоматизирани системи за проектиране и управление на геотехнологичните предприятия.

9) Методи и средства за решаване на екологичните задачи в геотехнологичните предприятия за добив на метали.

10) Изготвяне на проекти за геотехнологични рудници и хидрометалургични инсталации – по договори с фирмите-концесионери.

11) Изследвания за комплексна оценка на рудни находища и техногенни суровини за геотехнологичен добив на уран, мед, цинк, манган, леки цветни метали и особено за добив на съпътстващи редки и разсеяни метали.

## Литература

- Аренс, В.Ж. Физико-химическая геотехнология (монография, 650 с.), М., 2001.
- Данов, Вл. Нетрадиционни методи за добив на твърди полезни изкопаеми (Геотехнология). Учебник, МГУ "Св.Иван Рилски", 2006
- Данов, Вл. Ръководство за упражнения по нетрадиционни методи за добив на полезни изкопаеми (Геотехнология). МГУ "Св.Иван Рилски", 2007.
- Коротков Н. И и др. Горно-химическая геотехнология урана. М., Недра, 2007.
- Небера, В.П. Преработка продуктов физико-химической геотехнологии. М., МГГРУ, 2004.
- Sullivan, J. Chemical and physical features of copper leaching, М-М.Е., 1983.
- Geotechnology - conference in Massachusetts, 1992 (Сб.доклади).

*Препоръчана за публикуване от Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ*