

Съвременни екологични проблеми, резултат от добива на уран на територията на България

А. Борисова^{*1}, Б. Костова^{**1}

¹ Нов Български Университет, департамент „Науки за Земята и околната среда” ул. Монтевидео 21, София 1618, България

Contemporary ecological problems resulting from historical uranium mining in Bulgaria

A. Borisova¹, B. Kostova¹

¹ New Bulgarian University, Department of Earth and Environmental Sciences, 1618 Sofia, 21 Montevideo str. Bulgaria

Key words uranium deposits, uranium mining, environmental problems

Despite existing regulations, the reclamation of uranium postmining land in Bulgaria has not been completed, and control over its startup / execution practically absent. This determines the existence of many environmental problems today. So far in the literature no systematic examination of all uranium mining (development of uranium deposits in the country are over 30 in number) and the contemporary problems related. In this work we will try to systematize these problems, and to show the geological and geochemical factors that activate them as well as would be suggested some recommendations for their solution.

1. Въведение

На територията на България са установени 47 находища на уран, като голяма част от тях (над 30) са били в режим на експлоатация. В зависимост от генетичния си тип, находищата на уран в България се разделят на ендеогенни и екзогенни. Ендеогенните находища са три типа: магмени (повишени съдържания на уран в магмени скали – без промишлено значение), метаморфогенни и средно- до високотемпературно хидротермални. Екзогенните се разделят на седиментогенни инфилтрационни и изветрителни кори [1-5].

Методът на експлоатация на находищата е определян предимно по техния генезис, а в някои случаи от конкретната геоложка обстановка. Класическият добив на уран (механично изземване на рудата чрез минни изработки) е прилаган главно при ендеогенните находища (разположени на дълбочина до 1000 m), но и при някои екзогенни находища (при уран в здраво-споени пясъчници и при натрупване на рудата в изветрителни кори). Вторият метод е геотехнологичния (сондажен), при който рудата не се изземва механично, а полезният компонент се добива чрез химическо извличане със сярна киселина, внасяна под земята чрез сондажи. Геотехнологичният метод е прилаган главно при екзогенните находища. При някои ендеогенни находища е използван комбиниран метод за добив. Той се е прилагал поради усложнени минотехнически и/или геоложки условия или при условие, че чрез минни изработки е иззета рудата с високо съдържание и е икономически неизгодно останалата руда да се

* Corresponding author: e-mail tara_beni@abv.bg

** e-mail bkostova@nbu.bg

добива чрез класически метод. В такива случаи се е прилагал геотехнологичният метод в комбинация с класическия минен [1,4].

Добивът на уран в България е един от най-старите в света и датира от 1946 г. Тази дейност продължава 46 години – прекратена е на 20. 08. 1992 г. с ПМС №163, чл. 17, ал. 1 от Закона за преобразуване и приватизация на държавни и общински предприятия. Основанията за прекратяване на уранодобивът на територията на България са главно икономически: добивът се определя като икономически неизгоден, а добиваната суровина се определя като ненужна за страната в аспект с предстоящото тогава затваряне на АЕЦ „Козлодуй“. Постановлението разглежда главно процеса на ликвидация на уранодобивната дейност, без да се акцентира върху съставянето на екологични експертизи и свързаните с това концепции за възстановяването на околната среда. Едва през 1998 г. е прието ПМС №74 за ликвидиране на последиците за околната среда от добива и преработката на уранова руда [4,6].

Публикациите относно последствията от прекратяването на уранодобива в България разглеждат основно два проблема:

- проблемът за необосновано спиране на добива на уран от икономическа гледна точка и екологична гледна точка. Авторите считат, че към момента страната разполага с достатъчно икономически запаси, които могат да бъдат добивани без да се нарушава и замърсява околната среда чрез геотехнологичен метод на добив, определян като най-прогресивен, перспективен и екологично ефективен [1,4,7]. Паралелно с това се твърди, че екологичната обстановка в районите на страната с уранови мини е била значително по-устойчива преди спиране на добива, отколкото днес, поради неконтролируеми изтичане на руднични води, които замърсяват реките и подземните води и поради разрушаване на скални маси и пренасяне на рудна маса със съдържание на радионуклиди от повърхностните води [8].

- екологичният проблем – засягат се проблеми, свързани с нарушена механична устойчивост на ликвидирани подземни рудници [6,9], повишено лъчево въздействие върху населението в районите, разположени в близост до уранодобивните обекти [10], замърсяване на почви и води в районите на урановите находища [11].

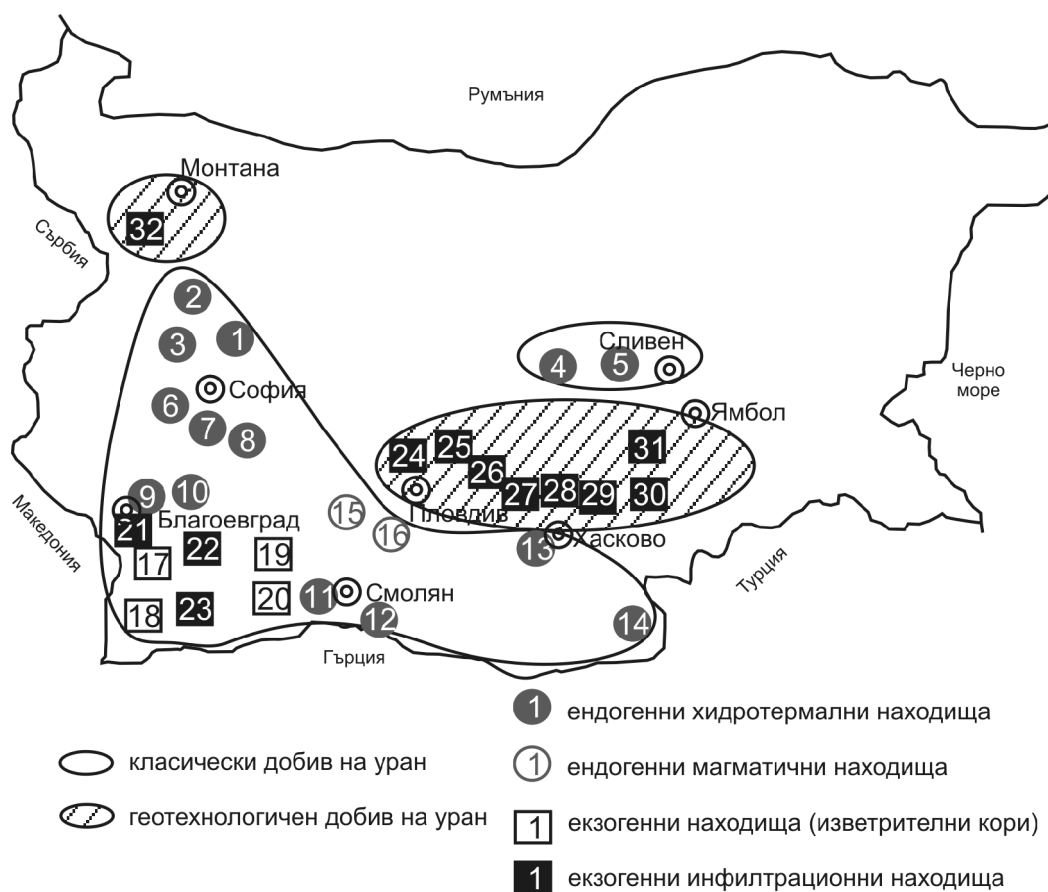
В тази работа ще се опита да представим екологичните проблеми, които могат да се проявят като резултат от вече приключилия добив на уран на територията на България, тъй като независимо от всички нормативни уредби, рекултивацията на постминните терени не е приключила/ не е започнала до момента, а изследванията в областта на екологията са единични и не обхващат всички засегнати територии на страната.

2. Обекти

В географско отношение находищата на уран в България са разположени главно в централната и южната части на страната: Родопи, Средногорие, западна и централна Стара планина.

Всички находища могат да се обединят основно в две групи: такива, разработвани основно чрез класически минен метод и находища, разработвани чрез геотехнологичен метод. Към първата група спадат находища, разположени в близост до София, Благоевград, Смолян, Хасково и Сливен. Към втората група се отнасят находищата около Пловдив, Ямбол и Монтана). Необходимо е да се отбележи, че част при някои от ендегенните находища е прилаган комбиниран метод за добив на уран – например в находищата Бухово (участък Сеславци), Курило, Бялата вода, а при някои от екзогенните находища е прилаган класически минен метод – Елешница, Сенокос и др.(Фиг. 1).

Такова разделяне на находищата е свързано с преобладаващите публикации от български автори в литературата, които приемат и отчитат значително по-големи постминни замърсявания и механична неустойчивост в районите, в които е извършван класически добив, за разлика от териториите на областите, в които е прилаган геотехнологичен метод [6,9-11].



Фиг. 1. Модифицирана карта на находищата на уран в България по [4]: Ендегенни (хидротермални): 1. Бухово, 2. Пробойница, 3. Курило, 4. Сборище, 5. Сливен, 6. Габра, 7. Бялата вода, 8. Костенец, 9. Бели Искър, 10. Партизанска поляна, 11. Доспат, 12. Смолян, 13. Сърница, 14. Планинец; Ендегенни (метаморфогенни): 15. Здравец, 16. Наречен; Екзогенни (изветрителни кори): 17. Сенокос, 18. Игралище, 19. Селище, 20. Беслет; Екзогенни (инфилтрационни): 21. Симитли, 22. Елешница, 23. Мелник, 24. Царимир, 25. Момино - Раковски, 26. Белозем - Трилистник - Дебър - Маноле, 27. Хасково, 28. Марица - Навъсен - Троян, 29. Орлов дол - Владимиров - Мъдрец, 30. Доброселец, 31. Окоп - Тенево, 32. Смоляновци.

3. Дискусия

Замърсяванията, свързани с добив на уран, могат да протичат чрез механизми, условно групирани по следния начин: (i) внасяне на уран, дъщерни радионуклиди и асоцииращите с тях елементи в околната среда (атмосферен въздух, подземни и повърхностни води, вместиращи скали, почви) чрез процеси на физично и химично изветряне, резултат главно от класически минен добив и (ii) внасяне на уран и съпътстващи елементи в околната среда чрез киселинно извличане със сярна киселина при геотехнологичен добив (главно подземни и повърхностни води, чрез които протича замърсяване главно във вместиращите скали и почвите). И двата механизма на замърсяване са се осъществявали по време на рудодобива, но съществуват и дълго време след като експлоатацията на уран е приключила, т. е. и до днес.

3.1. Внасяне на уран и асоцииращите го елементи в околната среда чрез процеси на физично и химично изветряне

Класическият минен добив на уран е свързан с изземване, преместване и натрупване на големи количества скална маса на земната повърхност под формата на насипи (халди) и в специални хранилища (хвостохранилища). На мястото на тези скални маси остават големи празнини под земната повърхност (рудниците), което поражда множество екологични проблем. Установена е механична неустойчивост на земната повърхност в районите на рудниците. Подобни изследване е направено за участък Сеславци [9], което сочи, че при създалата се обстановка не могат да бъде проведена рекултивация, без предварителна дейност, подобряваща състоянието на терен. Необходимо е подобни изследвания да бъдат направени и за останалите находища, в които е провеждана подземна добивна дейност. В световната практика миннодобивните компании са ангажирани с процесите на рекултивация на експлоатираните райони. В България рудниците са били държавна собственост и през 1998 г. с ПМС № 74 тази отговорност е прехвърлена на „Екоинжинеринг-РМ“ ЕООД, но резултати до момента не са отчетени. За решаване на тези проблеми би могло да се заимства опит от други държави, както се следват принципите на устойчиво развитие [12], които в конкретния случай предлагат повторно запълване на пространствата с иззета скална маса. Във връзка с прекратяването на уранодобива и ликвидацията на рудниците, днес се съобщава за неконтролируемо изтичане на руднични води поради липса на съоръжения за техния контрол и управление [8]. Тези руднични води са обогатени на вредни компоненти, които се транспортират до реките и така замърсяването се разпространява на големи площи.

Изнесените земни маси при класическият минен добив са с естествено повишено съдържание на уран и съпътстващите го елементи, тъй като технологично е невъзможно уранът да бъде извлечен на сто процента от вместващите го скали (същото се отнася и за дъщерните радионуклиди на урана и съпътстващите го елементи, когато рудата е полиметална – Pb, Zn, Cu и др.). Иззетите скални маси попадат на повърхността във физикохимични условия, различни от условията на тяхното образуване, което ги поставя в неравновесно състояние с обкръжаващата ги среда. В резултат на това стартират процеси на физично и химично изветряне, чрез които изразяват стремеж за постигане на равновесно състояние с новата обкръжаваща среда. Тези процеси включват механично и химично изветряне. Механичното раздробяване на скалната маса се извършва под влияние на фактори като температурни разлики, валежи и т. н. Според [12], скални маси, изнесени на повърхността, които имат съдържание на вредни компоненти над пределно допустимите концентрации трябва да бъдат изолирани и управлявани по начин, които не трябва да нарушава правилното функциониране на екосистемите. Според това, наличието на насипи от уранодобивна дейност е неправилно и не трябва да съществува, а хвостохранилищата трябва да бъдат под постоянен контрол.

След механичното изветряне се осъществява механичен транспорт на раздробените късове предимно от повърхностно течащи води и в по-малка степен от вятъра (главно на частици от фината фракция). Част от раздробените късове могат да се включат в състава на почвите, разположени в близост до скалните насипи. Друга част, главно по-фината фракция, може да се разнесе на значително по-големи разстояния, в зависимост от конкретната обстановка в дадената област (сила и посока на ветровете, стойности на живата сила на повърхностните води и т. н.). Това може да доведе до вторично натрупване на утайки, обогатени на вредни компоненти.

Физичното изветряне подпомага протичането на химично изветряне, чрез увеличаване на общата свободна повърхност на иззетите скални маси. Така минералите, които ги изграждат се заместват с нови, устойчиви при новите физикохимични условия минерали, а част от химичните елемент се изнасят, изграждащи минералите се изнасят от системата чрез разтваряне във вода под формата на разтвори (истински, колоидни и т.н.). Водите, съдържащи тези елементи се вливат в реките и могат да се транспортират на големи разстояния, замърсявайки самите реки, заливните тераси, а с това и ливади, градини и т. н. Подвижността на уранът се контролира значително от окислително-редукционния потенциал на водите, чрез които се транспортира и това определя на какво разстояние може да бъде пренесен този елемент. Подобно изследване е направено за поведението на урана в изоставена мина в Южна Дакота – екзогенен тип находище, експлоатирано чрез класически минен добив [13]. Резултатите

сочат, че на разстояние 20-40 km от източника на замърсяване концентрациите на уран спадат до пределнодопустими концентрации, но на разстояние 40-50 km от източника се наблюдава повишаване на урановите концентрации до стойности, близки до тези непосредствено до източника на замърсяване, което се счита за повторна мобилизация на уран и натрупване не в собствени минерали, а като изоморфен примес в окиси и карбонати на желязо и манган. Тези резултати са доказателство, че изследванията трябва да бъдат провеждани в достатъчно голям периметър около бившите рудници, а не само в близост до тях.

В резултат на физичното и химично изветряне в областите около урановите рудници са се оформили и техногенни атмосферни зони със съдържания на вредни компоненти над пределнодопустимите концентрации. Подобно изследване е правено за областите, в които са разположени всички уранови находища в България. Направените изследвания на атмосферния въздух за надфоново облъчване на населението в засегнатите райони, сочат че именно в областите с класически минен добив на уран се наблюдават най-големи надфонови стойности за облъчване на населението [10]. Като области с най-висок риск са посочени районите на селищата Яна, Сеславци и Елешница (фиг. 1). Трябва да се отбележи, че и на трите места не е прилаган само класически, а и геотехнологичен метод за добив, на територията на Бухово и Елешница са се намирали двата завода за преработка на уранова руда, това са и местата, където съществуват и отпадъкохранилища [8], не е отчетен факторът естествено повишени надфонови стойности, които съществуват в някои участъци на Родопите например, и са породени от естественото по-високо съдържание на уран в скалите, намиращи се в там (в началото са споменати като находища без промишлена стойност). При посочване на причините за дадено замърсяване е необходимо коректно да се разгледат всички фактори, които могат да го предизвикат.

3.2. Внасяне на уран и съпътстващи елементи в околната среда чрез киселинно извличане със сярна киселина при геотехнологичен добив

Геотехнологичният добив на уран се определя като икономически изгоден, прогресивен и щадящ околната среда, тъй като:

- Чрез този метод е добиван 70% от урановия концентрат в България към 1989 г [7].
- При него не се прилага физическо преместване на скални маси за добив на полезното изкопаемо. Чрез този метод скалата остава относително консолидирана и в първоначалното си състояние, но трябва да се отбележи факта, че това се определя главно от физикомеханичните свойства на самата скала – порестост, споеност и т. н. Тези особености на геотехнологичният добив не предизвиква физикомеханична неустойчивост на терените, от които се добива, не се създават техногенни насипи и т. н.
- В районите, в които е провеждат такъв добив (фиг. 1) е установен и най-нисък риск от надфоново облъчване на населението [10].

Независимо от посочените положителни страни на този тип добив, при него също се осъществява замърсяване на околната среда, чрез смесване на сондажно вкарваната сярната киселина и съдържащите се в нея извлечени компоненти с подземните води и пренасяне на вредни компоненти в почвите и повърхностните води. При класически добив на полезни изкопаеми, руди и въглища, след прекратяване на добива и рекултивация почвите имат повишени стойности на рН (4,9 до 8,1), т. е. до четири пъти повече от колкото при аналогични почвени типове, незасегнати от минна дейност (от 4,6 до 7,0) [15], като е известно, че селскостопански култури се развиват най-успешно при рН на почвите 6,8. При геотехнологичен добив на уран в засегнатите области почвите показват обратна тенденция за стойностите на рН, а именно понижаване. Изследвания на почвите в района на Курило, където е провеждан комбиниран добив, показват на места рН на почвите около 3,6 (за силно кисели се считат почви с рН 4,6) [11]. Аналогични са резултатите от изследванията на почвите в областта на уранова мина в Централна Португалия [14]. Освен понижено рН, в тези райони се отчитат значително повишени концентрации на уран, тежки метали, желязо, манган и др. именно поради инфилтрация на замърсени подземни води. За съжаление в литературата няма публикации за състоянието на почвите в областите

северно от гр. Пловдив (фиг. 1), където се е извършвал изключително само геотехнологичен добив на уран.

4. Заключение

В заключение могат да бъдат изтъкнати следните екологични проблеми, съществуващи днес на териториите на бившите уранодобивни терени, породени и от липса на адекватна рекултивация и контрол:

- механична неустойчивост на повърхностните територии, на местата, където е провеждан класически минен добив на уран, породени от процеси на срутване, свличане и активна дейност на подземни води;
- изтичане на руднични води поради липса на контрол и управление на ликвидиранияте подземни изработки;
- замърсяване на въздуха, подземните и повърхностните води и почвите поради процеси на физично и химично изветряне, протичащи в изнесените на повърхността скални маси;
- киселинно излужване на вместващите скали и киселинно замърсяване на подземните води, които чрез инфилтрация замърсяват подземните води и почвите (т. е. геотехнологичният метод за добив на уран не е толкова екологично чист, колкото е икономически изгоден);
- недостатъчни изследвания на районите, в които е протичала уранодобивна дейност;
- едностранни тълкувания на получените аналитични резултати;
- липса на ясна концепция за устойчиво развитие и управление на отпадъците, натрупани по време на уранодобивната дейност.

Някои препоръки за решаване на посочените проблеми:

- прилагане на комплексни изследвания (инженерни, геоложки, геохимични, хидрогеоложки, екологични и др.) с цел правилно интерпретиране на вече получени резултати или предстоящи изследвания;
 - изследванията трябва да бъдат провеждани на големи площи около източника на замърсяване (бившите уранови мини) поради високата подвижност на урана;
 - съставяне на програма за рекултивация на засегнатите райони след проведени предварителни комплексни изследвания;
 - след провеждане на рекултивация е необходимо да се прилага контрол за оценка и успеха на тази рекултивация (за целта има разработени методики в световната практика [16]).
- is the bodytext. This is the bodytext. This is the bodytext. This is the bodytext. This is the bodytext. This is the bodytext. This is the bodytext.

Благодарности Авторите изказват своята благодарност към НБУ, департамент „Науки за земята и околната среда“ за оказаната подкрепа. Тази работа е част от разработвана бакалавърска теза в НБУ по програма Екология и опазване на околната среда.

Литература

- [1] [1] Божков, И. Уранодобивът в България – състояние, оценка и перспективи. Минно дело и геология. 2. 1995. 7-9.
- [2] Божков, И. Алпо-Хималайската уранова провинция и мястото на българските уранови находища в нея. Минно дело и геология. 6-7. 2000. 56-59.
- [3] Бедринов, И. Уранови находища в Централните Родопи. 80 години Българско геологическо дружество. 2005. 158-160.
- [4] Божков, И. Уранови находища в България – състояние и перспективи за добив. Минно дело и геология. 3. 2007. 8-11.
- [5] Божков, И. Урановите находища в Република България – състояние и потенциал. в: Уранодобивът на България, Научно-технически съюз по минно дело, геология и металургия. дек. 2008. 9-17.
- [6] Костова, Л. Ликвидиране на последиците за околната среда от урановата промишленост – необходимост и реалност. Минно дело и геология. 2. 2000. 8-13.
- [7] Божков, И. Възможности за уранодобива в България. Минно дело и геология. 4. 1995. 9-11.

- [8] Бедринов, И. Някои последствия от ликвидирането на уранодобива в България. Минно дело и геология. 1. 2000. 2-5.
- [9] Иванов, В. Геомеханична оценка на устойчивостта на масива в района на ликвидиран подземен рудник „Сеславци” на Буховското рудно поле. Год. на МГУ, Добив и преработка на минерални суровини. 50-2. 2007. 45-51.
- [10] Йончев, Л. Географско разположение на обектите за добив на уран в България и оценка на лъчевото натоварване на населението в районите около тях. Минно дело и геология. 9. 2000. 5-8.
- [11] Георгиев, П., С. Грудев. Характеристика на замърсени почви в района на ураново находище. Год. на МГУ, Добив и преработка на минерални суровини. 46-2. 2003. 243-248.
- [12] Franks, D. M., D. V. Boger, C. M. Cote, D. R. Mulligan. Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes. *Resources Policy* (2011), doi:10.1016/j.resourpol.2010.12.001.
- [13] Kipp G. G., J. J. Stone L. D. Stetler. Arsenic and uranium transport in sediments near abandoned uranium mines in Harding County, South Dakota. *App. Geochem.* 24. 2009. 2246-2255.
- [14] Pereira, R., S.C. Antunes, S.M. Marques, F. Gonçalves. Contribution for tier 1 of the ecological risk assessment of Cunha Baixa uranium mine (Central Portugal): I Soil chemical characterization. *Sci. of the total env.* 390. 2008. 377-356.
- [15] Shrestha, R., K , R.Lal. Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation. *Geoderma* 161. 2011. 168-176.
- [16] Hancock, G.R., M.K. Grabham, P Martin, K.G. Evans, A. Bollhffer. A methodology for the assessment of rehabilitation success of post mining landscapes - sediment and radionuclide transport at the former Nabarlek uranium mine, Northern Territory, Australia. *Sci. of the total env.* 345. 2006. 103-119.