

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ
ПО МИННО ДЕЛО, ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛУРГИЯ



СБОРНИК ДОКЛАДИ

Национална научно-техническа конференция

ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ В МИНЕРАЛНО-СУРОВИННИЯ ОТРАСЪЛ НА БЪЛГАРИЯ

**16-17 май 2024 г.
гр. Етрополе**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ
ПО МИННО ДЕЛО, ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛУРГИЯ**



СЪОРГАНИЗАТОРИ

**Федерация на научно-техническите съюзи в България
Българска минно-геоложка камара
Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски"
Българско геологическо дружество
Геологически институт - Българска академия на науките
Секция „Науки за Земята“ - Съюз на учените в България**

СБОРНИК ДОКЛАДИ

Национална научно-техническа конференция

„ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ В МИНЕРАЛНО-СУРОВИННИЯ ОТРАСЪЛ НА БЪЛГАРИЯ“

КОНСУЛТАТИВЕН СЪВЕТ

**инж. Александър Григоров, д-р инж. Ботьо Табаков,
инж. Георги Петров, доц. д-р инж. Кремена Дедеянова,
инж. Мариела Джиджинкова**

ISBN: 978-619-7777-00-0

**Научно-технически съюз по минно дело,
геология и металургия**



www.asarel.com

От природата за хората, от хората за природата!



Нашата най-голяма ценност са хората!



Да тръгнем първи означава да тръгнем навреме!

АСАРЕЛ МЕДЕТ - АД

МИННО-ОБОГАТИТЕЛЕН КОМПЛЕКС - ГР. ПАНАГЮРИЦЕ

МИННО-ОБОГАТИТЕЛЕН КОМПЛЕКС

„Асарел-Медет“ АД
4500 Панагюрище, България
тел: (0357) 60210
факс: (0357) 60250; 60260
e-mail: pbox@asarel.com



ПРЕДСТАВИТЕЛСТВО:

1680 София, бул. „България“ 102
Бизнес център „Белисимо“, ет. 6; п.к. 4
офис „Асарел-Медет“ АД
тел: (02) 808 25 10; факс: (02) 808 25 29
office@asarel.com





ПРОЕКТИРАНЕ И СТРОИТЕЛСТВО НА
ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЕКТИ

ПРОЕКТИРАНЕ И СТРОИТЕЛСТВО
НА ПРОМИШЛЕНИ ОБЕКТИ

ПРОЕКТИРАНЕ И СТРОИТЕЛСТВО
НА ГРАЖДАНСКИ ОБЕКТИ

ГЕОДЕЗИЧЕСКИ УСЛУГИ

DESIGN AND CONSTRUCTION OF
INFRASTRUCTURE PROJECTS

DESIGN AND CONSTRUCTION OF
INDUSTRIAL PROJECTS

DESIGN AND CONSTRUCTION OF
CIVIL PROJECTS

LAND SURVEYING SERVICES



МАЛКИ СТЪПКИ. ГОЛЕМИ СЛЕДИ.



www.geotechmin.com



**ТВОЯТ ПАРТНЬОР,
ТВОЯТА СИГУРНОСТ**
www.geotrading.bg



**Съвременното лице
на българския рудодобив**



•МИНИ МАРИЦА-ИЗТОК• ЕАД

ЕНЕРГИЙНА НЕЗАВИСИМОСТ И НАЦИОНАЛНА СИГУРНОСТ



„Мини Марица-изток“ ЕАД, гр. Раднево е най-голямото открито въгледобивно предприятие в Република България. Неговата дейност е с определяща значимост, както за националния енергиен баланс, така и за икономическия просперитет на региона и страната. Основната мисия и цел на дружеството е: енергийна независимост и национална сигурност чрез ритмичната доставка на въглища за термичните централи в региона. Дружеството има три открити рудника в експлоатация: рудник „Трояново-1“, рудник „Трояново-север“ и рудник „Трояново-3“. Те доставят лигнитни въглища на термичните електроцентрали в комплекса „Марица-изток“: „ТЕЦ Марица изток 2“ ЕАД, „ТЕЦ Контур Глобал Марица Изток 3“ АД, ТЕЦ „Ей И Ес-Гълъбово“ и „Брикел“ ЕАД.

Седемдесет години историята на „Мини Марица-изток“ е историята на съвременния открит въгледобив в България. Най-голямото българско въгледобивно дружество работи за енергийната независимост и сигурността за развитието на националната икономика. „Мини Марица-изток“ ЕАД (ММИ) е 100% държавно предприятие, което експлоатира най-големите лигнитни мини в България, разположени в югоизточната част на района на Горнотракийската низина с обща площ на лигнитното находище около 240 кв.км.

Добиваната електроенергия от лигнитните въглища е с относително най-ниска себестойност и висока конкурентоспособност, което предопределя изключително важното значение на добива от Източномаришкото находище за енергийния баланс и енергийната независимост на страната.

Цяло седемдесетилетие лигнитните въглища, добивани в „Мини Марица-изток“ са единственият конкурентен местен енергиен ресурс в електроенергийния баланс на Република България сред останалите енергийни източници.

От началото на експлоатацията на „Мини Марица-изток“ ЕАД до юли 2022 г. вкл. в дружеството са добити 1 278 527 986 тона въглища и са разкрити, транспортирани и насипани 4 940 182 548 кубични метра земна маса.

„Мини Марица-изток“ ЕАД е живата история на откритият въгледобив в България. Развитието на дружеството е цел и мисия на няколко поколения българи. От основаването си досега, комплексът е част от енергийната независимост на страната ни. Той е най-големият на Балканския полуостров и стратегически обект от националната сигурност.

Водеща компания в добива на оловно-цинкови руди



В хармония
с Природата



Фото Volta



Водоелектроенски център



публични център



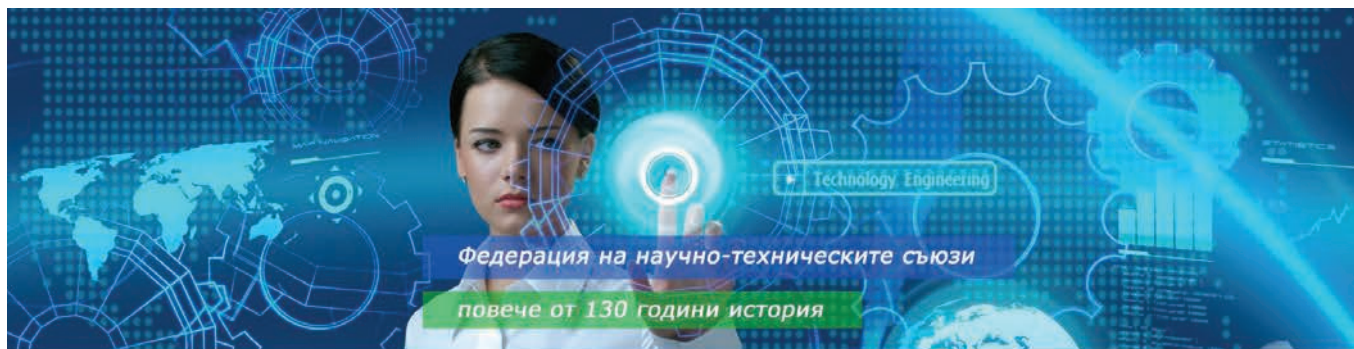
Енергийна инфраструктура



Офиси

публичен и граждански строителство
Хотели и балнео туризъм

Минстрой Холдинг АД
бул. „Д-р Г. М. Димитров“ №57
1700 София
tel.: +359 2 963 55 55
fax: +359 2 962 50 85
www.minstroy.com



Федерацията на научно - техническите съюзи (ФНТС) в България, е творческо - професионално, научно-просветно, неполитическо сдружение с нестопанска цел на юридически лица - съсловни организации, регистрирани по ЗЮЛНЦ, в които членуват инженери, икономисти и други специалисти от областта на науката, техниката, икономиката и земеделието. През 2015 г. ФНТС чества 130 години от учредяването си.

ФНТС обединява 19 национални сдружения - научно-технически съюзи (НТС) и 34 териториални сдружения - ТС на НТС, в които членуват над 15000 специалисти от цялата страна.

ФНТС е съучредител и член на Световната федерация на инженерните организации (WFEO). ФНТС членува и в Европейската федерация на националните инженерни асоциации (FEANI).

ФНТС е собственик на еднолично дружество с ограничена отговорност "ИНОВАТИКС" ЕООД което се занимава с инженерно-внедрителска дейност.

ФНТС издава свой собствен вестник "Наука и общество". Членове на ФНТС издават 12 научно-технически списания.

Към ФНТС функционира Център за професионално обучение, лицензиран от НАПОО - към Министерски съвет.

Основните задачи на ФНТС са:

- **Да утвърждава организацията като активен член на гражданското общество, да съдейства за повишаване общественото влияние и престижа на българските инженери, икономисти, специалисти в земеделието, техници, учени и изобретатели.**
- **Да стимулира и насърчава творческата активност и постижения на своите членове, както и да защитава професионалните им интереси.**

ФНТС, съвместно с националните и териториалните сдружения, организира годишно повече от 600 научно - технически мероприятия: конференции, симпозиуми, семинари, дискусии и др.

Нашият Дом на техниката се намира на ул. Г. Раковски 108, в гр. София.

Повече информация ще намерите на www.FNTS.bg.

СЪДЪРЖАНИЕ

УСТОЙЧИВО УПРАВЛЕНИЕ НА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ ОТ ДОБИВ И ПРЕРАБОТКА НА МЕДНИ РУДИ Александър Григоров	1
СЪВМЕСТНА РАБОТА НА ДВЕТЕ ПРЕЧИСТВАТЕЛНИ СТАНЦИИ: ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА РУДНИЧНИ ВОДИ /ПСРВ/ И ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА ДРЕНАЖНИ ВОДИ /ПСДВ/, ЕКСПЛОАТИРАНИ ОТ „АСАРЕЛ-МЕДЕТ“ АД Мариела Джиджинкова, Павел Господов	7
ДЪНДИ ПРЕШЪС МЕТАЛС ЧЕЛОПЕЧ ЕАД – ИНОВАТИВНИ РЕШЕНИЯ ЗА ЕФЕКТИВНО ПРОИЗВОДСТВО В ХАРМОНИЯ С ПРИРОДНАТА СРЕДА Николай Симонски, Георги Божилов, Иван Георгиев, Елисавета Вълова, Паулина Пенелова	15
ИНОВАТИВНИ И ПРАКТИЧНИ РЕШЕНИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАМЪРСЕНИ ДРЕНИРАЩИ ВОДИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА МИННИ ОТПАДЪЦИ Станимир Гергов	24
„АГЕМЕРА“, ИНОВАТИВНИ ПОДХОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГЕОЛОЖКИЯ ПОТЕНЦИАЛ НА НАХОДИЩЕ „АСАРЕЛ“ ЧРЕЗ СЪЧЕТАНИЕ НА СЪВРЕМЕННИ ГЕОЛОЖКИ И ГЕОФИЗИЧНИ МЕТОДИ Десислав Иванов	31
ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА ЧОВЕШКАТА ДЕЙНОСТ ВЪРХУ ПОЧВИТЕ И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОСЛЕДВАЩО УПРАВЛЕНИЕ НА СЛЕДМИННИ ТЕРЕНИ Велислава Паничкова	35
ХВОСТОХРАНИЛИЩАТА И ОКОЛНАТА СРЕДА Людмила Шаркова, Николай Николов	42

УПРАВЛЕНИЕ НА МИННИ ОТПАДЪЦИ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ „РУДОЗЕМ - 2” КЪМ „ВЪРБА- БАТАНЦИ” АД – КОНТРОЛНИ И МОНИТОРИНГОВИ ПРОЦЕДУРИ	48
Десислава Атанасова-Венкова	
МАРКШАЙДЕРСКИ НАБЛЮДЕНИЯ ВЪРХУ СТЕНИ НА ШЛАМО И ХВОСТОХРАНИЛИЩА	55
Александър Цонков, Милена Бегновска	
GEOTECHNICAL MODULE – ЕДИН АЛТЕРНАТИВЕН ИНСТРУМЕНТ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ЕЛЕМЕНТИТЕ НА ЗАЛЯГАНЕ НА ПОЛЕЗНОТО ИЗКОПАЕМО В УСЛОВИЯТА НА ВЪГЛИЩНИ И ЖИЛНИ НАХОДИЩА	67
Недко Тодоров	
ВЪЗОБНОВЯЕМА ЕНЕРГИЯ В МИННАТА ИНДУСТРИЯ: ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ВЪЗМОЖНОСТИ	75
Мадлена Цветкова, Румяна Вацева, Радослав Наков	



УСТОЙЧИВО УПРАВЛЕНИЕ НА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ ОТ ДОБИВ И ПРЕРАБОТКА НА МЕДНИ РУДИ

инж. Александър Григоров
„Елаците-Мед“ АД, 2086 с. Мирково, обл. Софийска
a.grigorov@ellatzite-med.com

РЕЗЮМЕ

Интензивните минни дейности оказват сериозно въздействие върху водните ресурси, поради факта, че минната индустрия се нуждае от значителни водни количества в различните етапи на обработка на рудите.

Минната индустрия генерира значителни количества минни отпадъци, депонирани в различни съоръжения за съхранение на минни отпадъци (насипища, хвостохранилища и др.), които при неправилно управление се явяват потенциален източник на замърсяване със своите неблагоприятни екологични ефекти.

Добивът и първичната преработка на медни руди генерират значителни количества отпадъчни води с високи нива на замърсители. От съществено значение е тези отпадъчни води да се пречистват и да се обезпечи качество на заустваните води в съответствие с общоевропейското законодателство в тази област.

Възстановяването и повторното използване на водите създава възможност за устойчиво развитие с ниско въздействие на минната индустрия върху компонентите на околната среда.

I. ОСНОВНА ИНФОРМАЦИЯ ЗА ОБСЛЕДВАНИЯ ОБЕКТ

Открит рудник „Елаците“ работи от 1981 г., като експлоатацията на находището се извършва по открит метод на стъпала с височина 15 m, които в крайния си контур се съединяват, като образуват стъпала с височина 30 m.

Откривката се депонира на т. нар. Западно съоръжение за съхранение на минни отпадъци (Западно насипище) на рудника. Източното съоръжение за съхранение на минни отпадъци (Източно насипище) не е в експлоатация и е предмет на рекултивация.

Под влияние на атмосферните условия и с течение на времето, в резултат на окисляването на сулфидните минерали в откривката се наблюдава естествено протичащият процес на дрениране на води с повишена киселинност. Последните влошават качеството на водите влезли в контакт с насипищата за минни отпадъци.

Отводняването на рудника се осъществява чрез дренажна отводнителна галерия на хор. 840 m.

За предотвратяване замърсяването на околната среда от промишлените води, дружеството е разработило концепция за управление на водите. Същата включва недопускане замърсяването на чистите води в близост до съоръженията за съхранение на минни отпадъци и третиране на отпадъчните води в пречиствателни станции за отпадъчни води.

В изпълнение на горепосочените мерки дружеството е изпълнило система от водохващания и подземна минна изработка за извеждане на чистите води на левия приток на р. Негърщица извън контура на Западното насипище, в последствие удължена в няколко етапа.

В момента на територията на Рудодобивен комплекс „Елаците“ функционират две пречиствателни съоръжения: пречиствателна станция за пречистване на промишлени води на к. 950 m (третираща водите от „Корпус едро трошене“ и автомивка към „Авторемонтен цех“) и пречиствателна станция за пречистване на промишлени води, проектирана от Mitsubishi Material Techno Co., Япония (ММТЕС).

Изградените пречиствателни съоръжения гарантират съдържания на тежки метали и неразтворени вещества, по-ниски от нивата, приложими съгласно европейското законодателство в областта на водите, както и стойности на рН в допустимите граници.

Водите, изтичащи от Западното съоръжение за съхранение на минни отпадъци (т. нар. води от десен приток на р. Негърщица) посредством преградно съоръжение и утайник се събират и отвеждат чрез



тръбопровод към Обогатителен комплекс - Мирково. Същите се третираат посредством заустването им в шламопровода, водещ към хвостохранилище „Бенковски 2“, като по този начин напълно се неутрализират.

Дренажните води от хвостохранилище „Бенковски 2“ посредством изградените дренажни помпени станции се връщат в утаечните езера на двете секции на хидротехническото съоръжение и включват в обратното водоснабдяване на Обогатителен комплекс на „Елаците-Мед“ АД.

Строителството на пречиствателното съоръжение по проект на ММТЕС е изпълнено от „ГЕОСТРОЙ“ АД, част от Група ГЕОТЕХМИН.

Технологичните изпитания на пречиствателното съоръжение започнаха в края на 2014 г., като избраната технология гарантира съдържания на тежки метали и неразтворени вещества, както и стойности на рН в съответствие с европейското законодателство в тази област. Качеството на пречистената вода е както следва: рН - $6,0 \pm 8,5$; Cu < 0,1 mg/l; Mn < 0,3 mg/l; Fe < 1,5 mg/l; Ni < 0,2 mg/l, неразтворени вещества (НВ) < 50 mg/l.

Основните процеси при пречистването на отпадъчните води са неутрализация чрез рециркулация на утайката, утаяване, пясъчна филтрация и ренеутрализация.

Основното предимство на прилаганата технология е генерирането на количества утайки в пъти по-малко в сравнение с класическия процес на неутрализиране на отпадъчни води.

Технологичната схема включва следното оборудване: резервоар за съхранение на хидратна вар, смесителен резервоар, резервоар за неутрализация, съгстител, пясъчен филтър и резервоар за сярна киселина.

Утайката от пречиствателното съоръжение се третира в съответствие със специфичните изисквания на законодателството в областта на управлението на отпадъците.



Сн. 1. Пречиствателна станция за отпадъчни води по проект на ММТЕС

II. ОПИСАНИЕ НА ОБСЛЕДВАНИЯ ПРОБЛЕМ

Формирането на водните потоци на територията на Рудодобивен комплекс и управлението им зависи от развитието на рудника до момента и в бъдеще, както и от работата и предвидените промени в изградените хидротехнически съоръжения за управление на водите.

Предвид непрекъснатата промяна на релефа, свързана с напредването на минните дейности, постоянно се променят условията и количествата на формираните води по потоци. От тази гледна точка, съществено значение за управлението на водите има разглеждането на баланса и преразпределянето



на водите, както преди започването на минно-добивните работи, така и в различни моменти от развитието на рудника до момента и в бъдеще.

Необходимо е и да се изяснят и отчетат съществено различаващите се условия (морфоложки, климатични, хидроложки и хидрогеоложки), протичащите процеси в съответния период на оценка или прогноза на основните зони, в т.ч. да се отчете капацитетът на изградените хидротехнически съоръжения за управление на водите.

В тази връзка, през 2020 г. от страна на Геологически институт „Страшимир Димитров“ при Българска академия на науките, в продължение на предходно изпълнявани задачи по оценка на формирането на водните потоци и изготвяне на препоръки по управлението им, беше изготвен актуален баланс на чистите и замърсените води на територията на Рудодобивен комплекс „Елаците“.

Изпълнените дейности в рамките на задачата включваха следното:

- Досъбиране на необходимата информация и организирането ѝ в ГИС среда. Събиране на информация и обработка на редици данни за количествени и качествени показатели на водите;
- Провеждане на теренни огледи, картировки и маршрути за установяване на геоморфоложки, геоложки, хидроложки, хидрогеоложки и минно-технически условия, включително състояние и предпоставки за формирането на водни потоци от чисти и замърсени води;
- Актуализиране на проектната мониторингова мрежа за изпълнение на задачата, съдействие и контрол при нейното изграждане и при провеждането на мониторинговите наблюдения. Обработка и анализ на получените резултати;
- Хидрогеоложки и геофизични изследвания на насипищата на рудника с оглед оценка проникването на валежни води в тях;
- Провеждане на полеви хидрохимични, геохимични и минераложки опробвания, анализирането им и обработка на получените резултати. Анализ на наличната хидрохимична информация. Определяне на общото фоново съдържание на основните показатели на замърсяване за изследвания район. Оценка взаимодействието „вода - скала“ в естествена среда, в рудничния котлован и в насипищата;
- Подбор и прилагане на подходящи методики за общ воден баланс на рудника и по отделни потоци. Адаптиране на ГИС базиран модел „валеж - отток“, изготвяне на концептуален модел за връзка „валеж - отток“ и „повърхностни - подземни води“. Изготвяне на водни баланси за рудника и отделните зони преди стартиране на минно-добивните работи и два периода от тогава до момента на разработката;
- Анализи на интензивни валежи, последователности от периоди с екстремни явления и оценки за вероятност за високи вълни. Климатични симулации и анализ на сценариите за климатичните промени, за времеви хоризонти 2020-2050 г. и 2070-2100 г. Оценка на основните климатични фактори за съответните времеви хоризонти. Оценка на нарушението на оттока и влияние върху формирането на водните ресурси при различни сценарии;
- Изготвяне на водни баланси за рудника и отделните зони (за 2015/2016 г., 2021 г., 2026 г. и 2031 г.) и прогнозна оценка на количествата замърсени води за избрани периоди;
- Изготвяне на общи препоръки по отношение на подобряване екологичното състояние на водите и за подобряване водопропускателната способност на отводнителните съоръжения.

На база резултатите от провеждания от дружеството мониторинг на водите на територията на Рудодобивен комплекс, предвид данните по разработения баланс на водите и за осигуряване на необходимия пречиствателен капацитет в бъдеще, се взе решение за изграждане на трета пречиствателна станция за отпадъчни води. Пречиствателното съоръжение ще третира водни потоци, необхванати от сега функциониращите пречиствателни съоръжения.

Инвестицията е част от Програмата за опазване и възстановяване на околната среда в района на находище „Елаците“.

Избрана е технологията на EnviroChemie, Германия, която предлага устойчиво и ефективно решение за пречистване на повече от един замърсител едновременно.

Пречиствателната станция е от модулен тип и ще се изгради в непосредствена близост до съществуващата станция по технология на ММТЕС. Капацитетът на съоръжението е до 100 l/sec



замърсени води, като същото позволява да бъде надградено в рамките на площадката до 250 l/sec замърсени води.

Изборът на пречиствателното съоръжение е повлиян от опита, който имат EnviroChemie в изграждането на подобни пречиствателни станции, от мобилността и възможността за неговото модулно надграждане със стъпка от 25 l/sec.

Строителството на пречиствателната станция ще бъде завършено през 2025 г.

III. ЦЕЛИ И ОБХВАТ НА ПРОУЧВАНЕТО

Целта на настоящия доклад е да опише принципа и анализира причините за избора на конкретната технология за пречистване на отпадъчните води.

Технологията за пречистване включва високоефективно механично и химично третиране на замърсени с тежки метали и неразтворени вещества води. Основният пречиствателен модул е от контейнерен тип - мобилен Envimodule контейнер (в т.ч. тръбни смесители – флокулатори и ламелни утайтели, дозаторни установки за коагуланти и реагенти).

Предвижда се изграждането на следните съоръжения: командна зала, помпена станция, бетонови съоръжения (буферен резервоар за сурови води с обслужваща сграда и складово помещение, буферен резервоар за пречистени води) и склад за реагенти. Процесите са напълно автоматизирани.

Капацитетът на съоръжението е до 100 l/sec замърсени води.

Характеристиките на отпадъчните води и приложимите индивидуални емисионни ограничения (ИЕО) са представени в таблица 1.

Таблица 1: Характеристики на отпадъчните води и приложими ИЕО

Параметър/ показател	Единица	Стойности на вход	ИЕО
Количество на отпадъчната вода	m ³ /h	360	
pH	-	6.55-8.15	6-9
Неразтворени вещества	mg/l	61.2 - >25000	50
Мед	mg/l	0.104 - 0.55	0.5
Манган	mg/l	0.76 - 10	5
Желязо	mg/l	0.01 - 0.18	3.5
Никел	mg/l	0.07 - 0.15	0.5
Олово	mg/l	0.038 - 0,050	0.2
Цинк	mg/l	0.01 - 0.06	2
ХПК	mg/l	31.50	150

Замърсената вода по довеждащ колектор първоначално постъпва в буферен резервоар, който играе роля и на утайтелна камера. Посредством помпи водата се подава към модулната секция на станцията за химично третиране (мобилен Envimodule контейнер). Химичното третиране се извършва с прилагането на 4 вида реагенти, като при много малки дозирани количества, частиците (някои от тях са колоидално разтворени) биват доведени до форма позволяваща отделяне чрез утаяване. В допълнение разтворените тежки метали също ще бъдат утаени до неразтворими субстанции и отстранени от системата чрез утайката.

След обработката им водите постъпват в комбиниран модул за финално утаяване и уплътняване на утайката. Това е компактен модул състоящ се от ламелен утайтел за отстраняване на неразтворените вещества и дъно като конус за уплътняване на утайката.



Отделените утайки се подават към цистерна за утайки за последващо обезводняване. Пречистената вода от ламелните утайтели посредством тръбна система и общ събирателен колектор за пречистени (преливни) води се отвежда първоначално към буферен резервоар за пречистени води с обем 15 m³, като буферираната пречистена вода ще се използва за технологични нужди на пречиствателната станция, а преливното водно количество след преминаване през измервателен канал ще се зауства в прилежащото дере на изток от площадката, приток на р. Негършица.

Станцията ще третира водите до следното качество, позволяваващо директното им заустване:

- Неразтворени вещества < 50 mg/l;
- Мед < 0.5 mg/l;
- Манган < 5 mg/l.

Приема се, че всички останали субстанции са под нормите за заустване.

Технологична схема на процеса е представена на схема 1 по-долу.

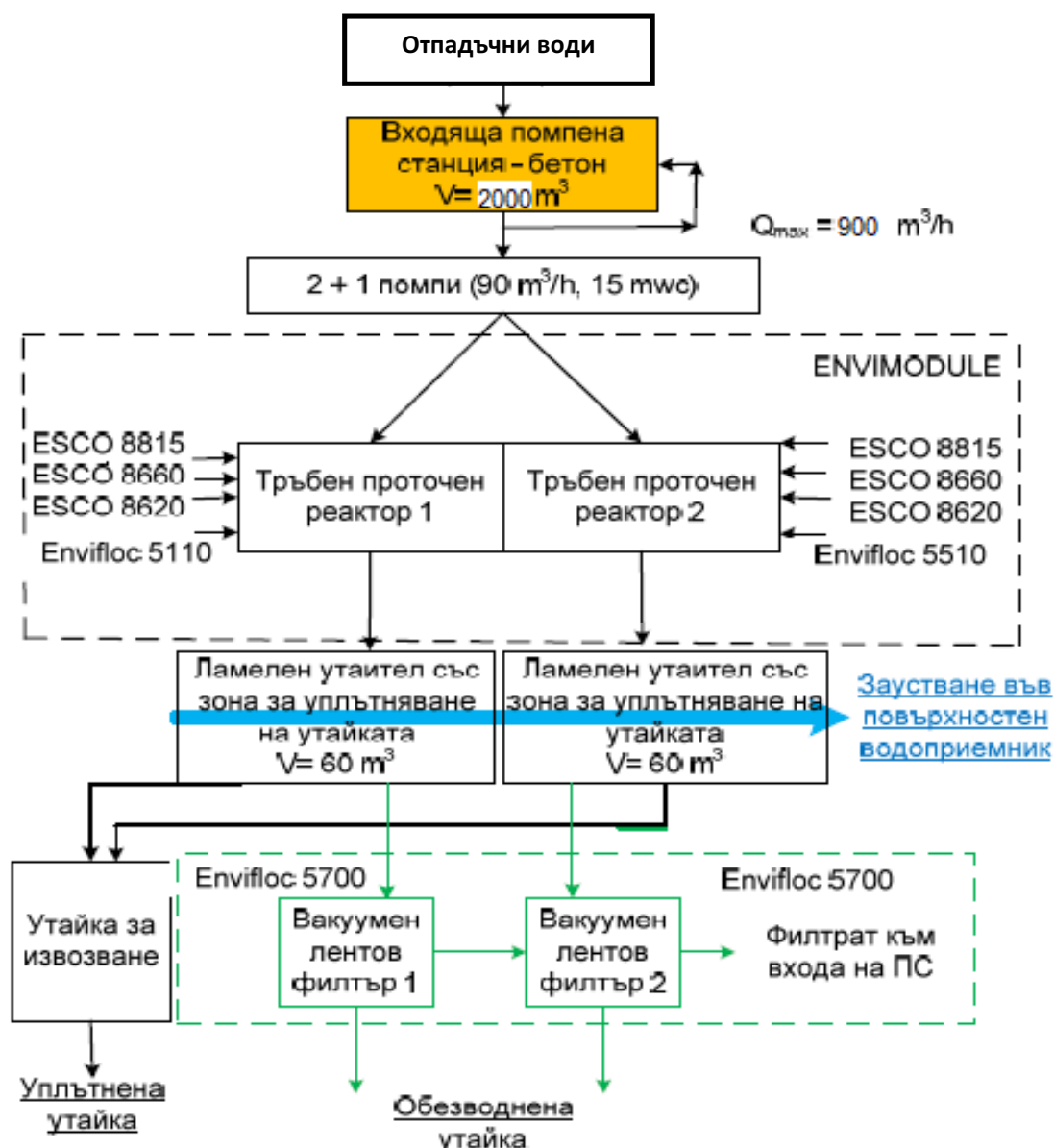


Схема 1. Технологична схема на процеса (за един контейнерен модул)



Изборът на пречиствателното съоръжение, както беше посочено по-горе, е повлиян от опита, който имат EnviroChemie в изграждането на подобни пречиствателни станции, от мобилността и възможността за неговото модулно надграждане със стъпка от 25 l/sec в съответствие с нуждите за осигуряване на съответен пречиствателен капацитет.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изграждането на пречиствателното съоръжение по технология на EnviroChemie е част от програмата за поддържане на екологичното състояние в региона и постигане на европейските стандарти за опазване на околната среда.

Пречиствателната технология гарантира стойности на pH и съдържания на тежки метали и неразтворени вещества в съответствие с европейското законодателство в тази област.

Технологията на пречистване е избрана отчитайки опита на EnviroChemie в тази област, високата степен на автоматизация на технологичните процеси, мобилността и възможността за модулно надграждане на съоръжението в рамките на избраната площадка до капацитет на пречистване на замърсени води до 250 l/sec.

Повторното използване на пречистените отпадъчни води в технологичната схема на пречиствателната станция по технология на EnviroChemie и включването на дренажните води от хвостохранилището в обратното водоснабдяване на Обогатителен комплекс, допринасят за устойчивото развитие на дружеството с ниско въздействие на дейността върху компонентите на околната среда и в частност върху водния ресурс.

ЛИТЕРАТУРА

1. ММТЕС, Environmental Engineering Division: Работен проект за пречиствателна станция за замърсени води от Рудник „Елаците“;
2. Геологически институт „Страшимир Димитров“ при Българска академия на науките, Изготвяне на баланс на чистите и замърсени води на територията на Рудодобивен комплекс „Елаците“, септември 2020 г.;
3. „Геопроект“ ЕООД, Работен проект „Изграждане на пречиствателно съоръжение за третиране на водите от дренажна отводнителна галерия на хор. 840 m и водите покрай КПП на рудник „Елаците“, март 2023 г.



**СЪВМЕСТНА РАБОТА НА ДВЕТЕ ПРЕЧИСТВАТЕЛНИ СТАНЦИИ: ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА
РУДНИЧНИ ВОДИ /ПСРВ/ И ПРЕЧИСТВАТЕЛНА СТАНЦИЯ ЗА ДРЕНАЖНИ ВОДИ /ПСДВ/,
ЕКСПЛОАТИРАНИ ОТ „АСАРЕЛ-МЕДЕТ“ АД**

инж. Мариела Джиджинкова, „Асарел-Медет“ АД, ekolog@asarel.com
Павел Господов, „Асарел-Медет“ АД, pgospodov@asarel.com

**ADJUSTMENT OF THE WORK OF THE TWO WASTE WATER TREATMENT PLANTS: MINE WATER
TREATMENT PLANT AND DRAINAGE WATER TREATMENT PLANT OPERATED
BY "ASAREL-MEDET" JSC**

Eng. Mariela Dzhidzhinkova, "Asarel-Medet" JSC, ekolog@asarel.com
Pavel Gospodov, "Asarel-Medet" JSC, pgospodov@asarel.com

ABSTRACT

The project leads to an increase of the mechanical settling rate of the ingoing waters to the Water Treatment Plants from the Drainage Gallery, improving the treatment process and reducing the quantities of generated sediment from the water treatment. The equalizer construction for mixing the waters from the Drainage Gallery and filtrate from the Ion-exchange Plant in ratio 4:1 provides ingoing of waters for treatment in the Water Treatment Plants with constant flow and quality composition. This provides a possibility for combining of the water treatment regime of both Water Treatment Plants and ensures a high security in terms of water treatment, respectively discharging of the treated waters which meet the regulatory standards and provisions of the Complex permit No.404/ 2010.

1. Въведение

„Асарел-Медет“ АД в изпълнение на фирмената си политика за постигане на висока екологична сигурност и повишаване на качеството чрез въвеждане на съвременни и високоефективни техники и технологии разработи проект за „Реконструкция на пясъкозадържател за третиране на руднични води от Дренажна галерия преди постъпване за пречистване в пречиствателна станция за руднични води и изграждане на усреднител – изравнител с байпасна връзка и помпена станция за подготовка на водите за съвместен режим на пречистване на Пречиствателна станция за руднични води /ПСРВ/ и Пречиствателна станция за дренажни води /ПСДВ/“.

Реализирането на проекта води до повишаване степента на механично утаяване на постъпващите в пречиствателни станции /ПС/ води от дренажна галерия, подобряване на процеса на пречистване и намаляване на количествата генерирана утайка от пречистването на водите. Изграждането на усреднител – изравнител за смесване на водите от Дренажна галерия и филтрат от Сорбционна инсталация в съотношение 4:1 осигурява постъпване на води за пречистване в ПС с постоянен дебит и качествен състав. Това води до възможност за съвместяване на пречиствателния режим на двете пречиствателни станции и осигурява висока сигурност на пречистването, респ. заустване във водоприемника на пречистени води, отговарящи на нормативните стандарти и условията в Комплексно разрешително № 404/ 2010 г.

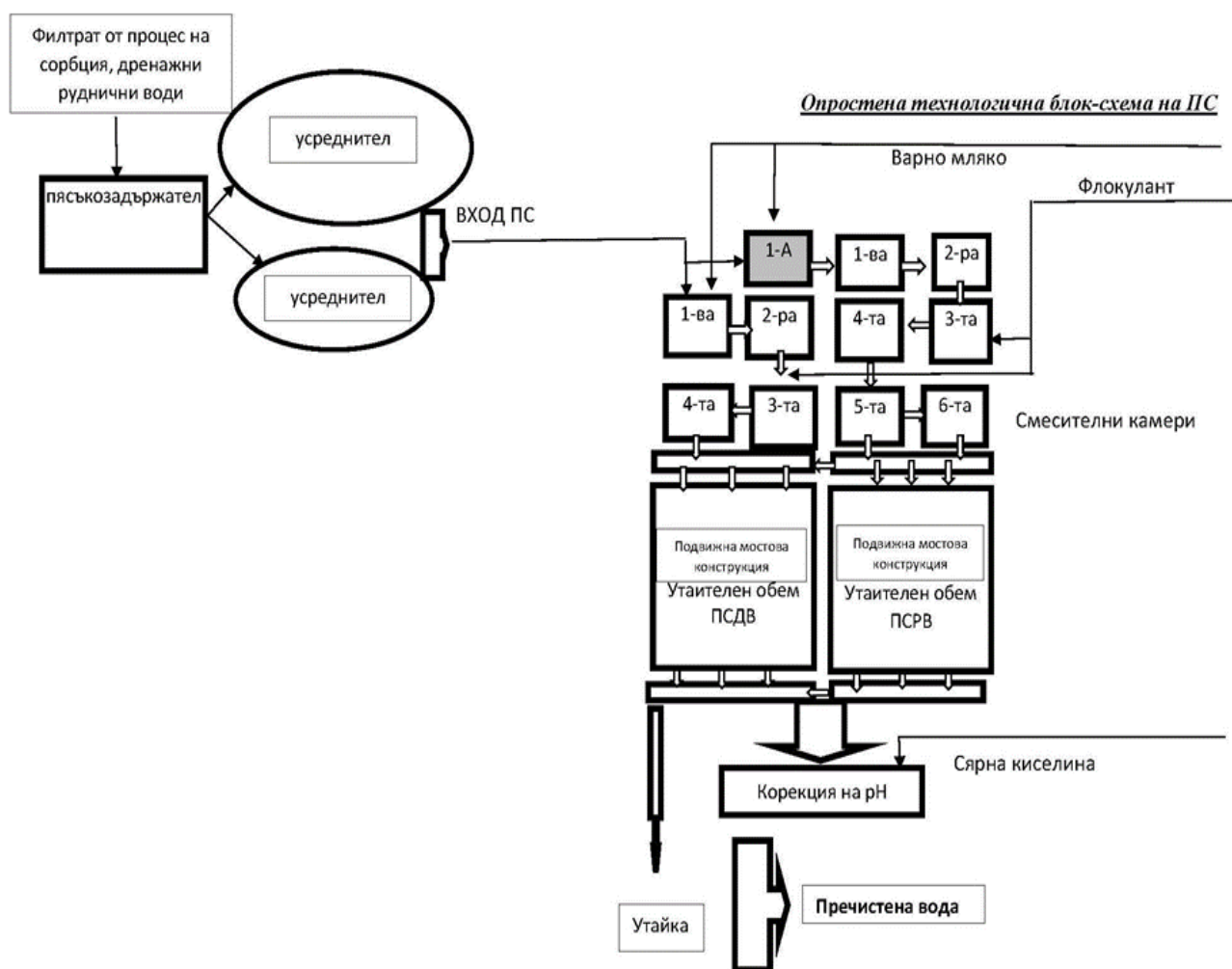
ПСДВ и ПСРВ работят в съвместен режим. Технологичната схема за пречистване включва неутрализация на киселите води с варно мляко, подаване на флокулант за по-ефикасно утаяване на образувалите се утайки и подаването на образувалите се утайки с помпена станция и напорен тръбопровод до хвостопровода на ОФ „Асарел“. Дренажните води от Източно насипище се отвеждат

към Сорбционната инсталация и пречиствателните станции.

Пречиствателна станция за руднични води (ПСПВ) – пречиства дренажните води на рудник „Асарел“ или смесени води от дренажната галерия и филтрат от сорбционната инсталация. Пречистените води от ПСПВ се заустват в смесен поток с пречистените води от Пречиствателната станция за дренажни води (ПСДВ) в р. Асарелска, в точка на заустване с географски координати $N = 42^{\circ}31'26.88''$, $E = 24^{\circ}08'24.88''$.

Пречиствателна станция за дренажни води (ПСДВ) – пречиства дренажните води на рудник „Асарел“ или смесени води от дренажна галерия и филтрат от сорбционната инсталация, които се заустват в река Асарелска в точка на заустване с географски координати $N = 42^{\circ}31'26.88''$, $E = 24^{\circ}08'24.88''$, в смесен поток, ведно с водите от ПСПВ.

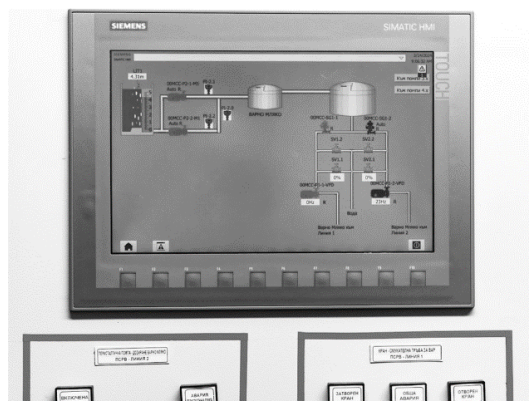
Опростена блок-схема на работата на пречиствателните съоръжения е дадена на фигура 1.



Фигура 1. Опростена технологична блок-схема на ПС

Водата за пречистване в ПСДВ и ПСПВ първоначално преминава през т.н. „Подготвително стъпало“, което извършва утаяване, смесване, буферизиране и препомпване.

По работен проект за съвместен режим на работа на двете пречиствателни станции е внедрена интегрирана система за автоматизирано управление на процеса на Siemens.



Фигура 2. Снимка на интегрирана система за автоматизирано управление на процеса на Siemens

Изградени са:

- Етап 1 – пясъкоуловител, утаител, смесител, буферни резервоари и помпена станция.
- Етап 2 – Съвместна работа на ПСРВ и ПСДВ при съвместно третиране на дренажните руднични води и филтратата от Сорбционната инсталация (в съотношение $\geq 4:1$) с общо водно количество от 360 m³/h, при което се повишава капацитетът на ПСРВ до 288 m³/h.
- Етап 3 – Буфериране и изпомпване на утайката от ПСРВ през дренажния тунел към рудничния водоотлив и оттам в хвостопровода до хвостохранилището.

2.Пясъкозадържател:

Реконструкцията и модернизацията на пясъкозадържателя позволява ефективно улавяне на тежките механични примеси от водите, идващи от Дренажна галерия и подобряване на процеса на пречистване на водите, намаляване на получаваната утайка в басейните за утаяване на пречиствателните станции, а също и съвместна работа на двете пречиствателни станции чрез предварително смесване и хомогенизиране на постъпващите за пречистване води и тяхната подготовка за ефективно пречистване, независимо от количеството и качеството им.

От физикохимичния състав на изходящите дренажни води от рудник Асарел могат да се направят следните изводи:

- Водите се характеризират с кисела реакция (от 3,01 до 3,2)
- Високи нива на разтворени вещества (от 1904 до 2048 мг/л)
- Високи нива на неразтворени вещества (от 172 до 236 мг/ л)

Тези показатели определят водите като силно агресивни. Поради тона материалите за машинно-технологичното оборудване, тръби и спомагателни елементи са устойчиви на такава агресия, като е положена и антикорозионна защита на бетоновите повърхности, контактуващи с отпадъчната вода.

Изграждането на пясъкозадържател е удачно решение за самостоятелно предварително третиране на рудничните води, тъй като:

- Заделя постъпващият пясък и други тежки фракции и предотвратява натрупването им в утаителите на ПС и затрудняването на процеса на пречистване;
- При ситуации, в които с водите постъпват едри материали, те могат да се отстранят своевременно и няма да попречат на работата на усреднителя;
- Естеството на водите не позволява байпасиране на вход пречиствателна станция и това е най-добрият възможен предпазен вариант при редица ситуации – силен порой, взривни работи в рудника, почистване на Дренажната галерия и т.н.

Съоръжението е ситуирано в непосредствена близост с изхода на Дренажна галерия и следващото съоръжение на системата – усреднител- изравнител.



Изходът на пясъкозадържателя е решен като разпределителна камера с два савака, насочващи рудничните води съответно към Усреднителя или аварийно към байпас на усреднителя.

3. Усреднител-изравнител:

Разработена е технологична схема за съвместно третиране на рудничните води с филтрата от Сорбционната инсталация в съотношение на рудничните води към филтрата 4:1, т.е. при подавано водно количество общо 360 м³/час дебитът на рудничните води е 288 м³/час и на филтрата 72 м³/час.

Усреднител-изравнителят е предназначен за съвместно третиране на рудничните води от Дренажна галерия с филтрата от Сорбционната инсталация в съотношение на рудничните води към филтрата 4:1 – усредняване по състав и изравняване по дебит.

Помпената станция осигурява равномерния отток на усреднените води към ПСДВ и ПСРВ.

Физикохимическият състав на рудничните води, взети от изхода на Дренажната галерия е показан в Таблица 1.

Таблица 1

№	Показател	Мярка	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Емисионна норма съгласно комплексно разрешително
1	рН	рН ед.	3,17	3,20	3,01	3,04	6,0-8,5
2	Неразтворени вещества	мг/л	190	236	172	204	50
3	Разтворени вещества	мг/л	1804	1936	1852	2048	
4	Калций	мг/л	148	167	401	393	
5	Магнезий	мг/л	155	304	336	389	
6	Натрий	мг/л	17	27	7,1	10,9	
7	Алуминий	мг/л	8,4	8,8	38	31	
8	Желязо	мг/л	1,9	3,2	68	65	1,5
9	Манган	мг/л	4,2	3,9	3,72	3,75	0,3
10	Мед	мг/л	1,17	1,31	1,96	1,75	0,1
11	Сулфати	мг/л	1057	1028	1173	1116	

От анализа на рудничните води от Дренажната галерия могат да се направят следните изводи:

- Водите се характеризират с кисела реакция. рН варира от 3,01 до 3,20 рН единици и не отговаря на условията за заустване на водите в приемника;
- Съдържанието на разтворени вещества показва високи стойности от 1804 до 2048 мг/л;
- Съдържанието на неразтворени вещества варира от 172 до 236 мг/л и е по-голямо от разрешената норма за заустване на водите;

Физикохимическият състав на пробите филтрат от Сорбционната инсталация е показан в Таблица 2.



Таблица 2

№	Показател	Мярка	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Емисионна норма съгласно комплексно разрешително
1	pH	pH ед.	2,12	2,11	2,10	2,08	6,0-8,5
2	Неразтворени вещества	мг/л	17	38	15,6	36,8	50
3	Разтворени вещества	мг/л	10800	12278	9222	9620	
4	Калций	мг/л	186	196	241	441	
5	Магнезий	мг/л	250	350	720	960	
6	Натрий	мг/л	36,2	42	38	34	
7	Алуминий	мг/л	420	437	516	612	
8	Желязо	мг/л	64	65	75	80	1,5
9	Манган	мг/л	36,6	38,4	42	14	0,3
10	Мед	мг/л	24	28	42	45	0,1
11	Сулфати	мг/л	6282	6266	6731	6592	

От анализа на пробите от филтрат от Сорбционната инсталация могат да се направят следните изводи:

- Водите се характеризират със силно кисела реакция. pH варира от 2,08 до 2,12 pH единици;
- Съдържанието на разтворени вещества, респективно солевият състав е с високи стойности - от 9222 до 12278 мг/л;
- Съдържанието на неразтворени вещества варира от 15,6 до 38 мг/л и отговаря на разрешената норма за заустване на водите;
- Водите се характеризират със съдържание на калций от 186 до 441 мг/л и магнезий от 250 до 960 мг/л;
- Концентрацията на йоните на натрия варира от 36,2 до 42 мг/л;
- Съдържанието на йоните на алуминия е от 420 до 612 мг/л;
- Съдържанието на йоните на желязото е в диапазона от 64 до 80 мг/л и е значително над допустимата емисионна норма в приемника;
- Съдържанието на манган е в стойности от 14 до 42 мг/л и значително превишава нормите на заустване;
- Съдържанието на йоните на медта варира от 24 до 45 мг/л и е много над определените Индивидуални емисионни ограничения;
- Водите се характеризират с висока концентрация на сулфатни йони от 6266 до 6731 мг/л, което е в корелационна зависимост от ниското pH.

Физикохимическият състав на съставените проби от руднични води към филтрат от Сорбционната инсталация при съотношение 4:1 е показан на Таблица 3.



Таблица 3

№	Показател	Мярка	Проба 1	Проба 2	Емисионна норма съгласно комплексно разрешително
1	Активна реакция рН	рН ед.	2,72	2,81	6,0-8.5
2	Неразтворени вещества	мг/л	178	236	50
3	Разтворени вещества	мг/л	3388	3640	-
4	Калций	мг/л	244	225	-
5	Магнезий	мг/л	98	435	-
6	Натрий	мг/л	37,5	11,2	-
7	Алуминий	мг/л	98	24	-
8	Желязо	мг/л	16	65	1,5
9	Манган	мг/л	11,5	11,8	0,3
10	Мед	мг/л	4,5	12	0,1
11	Сульфати	мг/л	2073	1810	-

- Водите се характеризират с кисела реакция. рН варира от 2,72 до 2,81 рН и не отговаря на нормите за заустване;
- Съдържанието на разтворени вещества, респективно солевият състав е със стойности от 3388 до 3640 мг/л;
- Съдържанието на неразтворени вещества варира от 225 до 244 мг/л и е по-голямо от разрешената норма за заустване на водите;
- Водите се характеризират със съдържание на калций и магнезий, съответно калций от 225 до 244 мг/л и магнезий от 98 до 435 мг/л;
- Концентрацията на йоните на натрия варира от 11,2 до 37,5 мг/л;
- Съдържанието на йоните на алуминия е от 24 до 98 мг/л;
- Съдържанието на йоните на желязото е в диапазона от 16 до 65 мг/л и е над допустимата емисионна норма в приемника;
- Съдържанието на йоните на медта варира от 4,5 до 12 мг/л и е над определената норма за заустване;
- Водите се характеризират с концентрация на сулфатни йони от 1810 до 2073 мг/л.

Таблица 4 Физико-химически състав на рудничните води на вход пречиствателна станция.

№	Показател	Мярка	Концентрация	Емисионна норма съгласно комплексно разрешително
1	рН	рН ед.	3,0-5,5	6,0-8,5
2	неразтворени в-ва	мг/л	200-400	50
3	разтворени в-ва	мг/л	1800-2200	
4	калций	мг/л	150-400	
5	магнезий	мг/л	150-450	
6	алуминий	мг/л	8-40	
7	натрий	мг/л	7-30	
8	желязо	мг/л	8-80	1,5
9	мед	мг/л	2-15	0,1
10	манган	мг/л	2-10	0,3
11	сульфати	мг/л	800-1200	



Таблица 5 Физико-химически състав на усреднения поток руднични води към филтрат в съотношение 4:1.

№	Показател	Мярка	Концентрация	Емисионна норма съгласно комплексно разрешително
1	pH	pH ед.	2,3-2,5	6,0-8,5
2	неразтворени в-ва	мг/л	170-330	50
3	разтворени в-ва	мг/л	3200-4100	
4	калций	мг/л	160-420	
5	магнезий	мг/л	170-550	
6	алуминий	мг/л	60-140	
7	натрий	мг/л	12-35	
8	желязо	мг/л	20-90	1,5
9	мед	мг/л	6-25	0,1
10	манган	мг/л	8-20	0,3
11	сулфати	мг/л	1800-2500	

Съоръжението е стоманобетонено с монолитни стени и дъно, състоящо се от две камери (малка и голяма с дължина съответно 34 м и 60 м и ширина 14,20 м), хидравлично свързани с придънни отвори. Формата на двете камери е тип „карусел”. Всяка камера се състои от два коридора, с две напречно разположени пасрелки, за които са захванати 4 бр плуващи върху понтони аероджетове.

4.Оразмерителни параметри и технологични размери:

Водно количество:

- ✓ Руднични води - 287,9 м³/час
- ✓ Филтрат - 72 м³/час
- ✓ Общо – 359,9 м³/час
- ✓ $Q_{\text{макс.}} = 100$ л/сек
- ✓ Форма – Карусел
- ✓ Работна височина $H_p = 6,00$ м
- ✓ Обща височина $H_{\text{об.}} = 6,70$ м
- ✓ Ширина на един коридор $B = 7,00$ м
- ✓ Общ обем $V_{\text{об.}} = 9134$ м³
- ✓ Ефективен обем $V_{\text{еф.}} = 7307$ м³ – изчислен за понтонен аероджет
- ✓ Времепрестой, $T = 20,3$ часа

Ефективният обем на усреднителя осигурява времепрестой на общия поток от порядъка на 20 часа.

В усреднителя се осигурява разбъркване, за да не се формират утайки.

Съоръжението е ситуирано в непосредствена близост до пясъкозадържателя.

Изграждането на усреднител-изравнител дава следните технологични решения:

- Усредняване на отпадъчните води по състав;
- Изравняване на отпадъчните води по дебит;
- Равномерен отток към ПСДВ и ПСРВ;
- Оптимизиране дозите на реагентите към ПСДВ и ПСРВ.

Исходът на Усреднител-изравнителят е решен като Помпена станция с 5 бр. помпи насочващи усреднените води към довеждащ канал за ПСДВ и ПСРВ.



5. Технологична схема на пречистване

Технологичната схема за пречистване включва неутрализация на киселите води с варно мляко, подаване на флокулант за по-ефикасно утаяване на образувалите се утайки и подаването на образувалите се утайки с помпена станция и напорен тръбопровод до хвостопровода на ОФ „Асарел“, а пречистените води се заустват в р. Асарелска, в точка на заустване с географски координати N = 42°31'26.88", E = 24°08'24.88", в смесен поток.

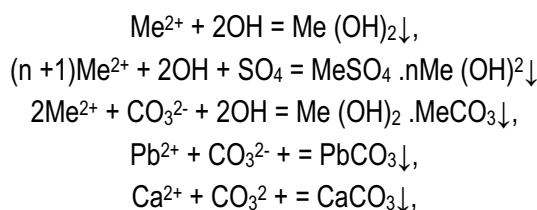
Постъпващите за пречистване води се подават чрез улей в ПСДВ и ПСРВ. Те се подават до реактори за химическо третиране с варно мляко в първия реактор за ПСДВ и допълнителен реактор за гарантиране на контактно време в ПСРВ. Флокулант се подава съответно в трети реактор за ПСРВ и ПСДВ.

Пречиствателната станция се състои от две еднакви секции, като всяка включва 9 бр. реактори и траншейни утаители. Дренажните води постъпват в първите реактори и преминават през отвор в долната част във вторите реактори, от които през преливен праг постъпват в третите реактори. От последните, през отвор в долната част, водите постъпват в следващите реактори, като от тях преливат в разпределителен улей и регулираща нивото на постъпване преграда в траншейни утаители.

При преминаването си през траншейни утаители образувалите се химически сулфатни и хидроокисни утайки седиментират в дънната част на траншеята и с помощта на платформен пясъкочистач и помпи се подават в сборен улей, по който гравитачно постъпват в буферен резервоар, разположен в помпената станция за утайки. От зумпфа с високонапорни помпи по тръбопровод утайките се подават в хвостопровода на ОФ „Асарел“.

Чрез автоматизирана система пречистените води се коригират със сярна киселина до достигане на pH=6-8,5 и се заустват гравитачно в р. Асарелска. За нуждите на пречиствателната станция са монтирани автоматизирани инсталации за приготвяне на варно мляко.

Химически реакции, които протичат при третиране с варно мляко:



6. Заключение

С реализирането на проекта и последващото внедряване на съвместна технология за пречистване на двете пречиствателни станции се осигурява постоянен по качество и дебит приток на води за пречистване, подобрява се процеса на пречистване, оптимизират се разходните норми за суровини, материали и енергия. Създава се възможност за пълно автоматизиране на пречиствателния процес и пълноценно използване на пречиствателните мощности, в зависимост от качеството и дебита на постъпващите в тях води. Това води до осигуряване на висока сигурност на пречистването, спазване на индивидуалните емисионни ограничения съгласно условията в Комплексно разрешително № 404/ 2010 г. и заустване във водоприемника на пречистени води, отговарящи на нормативните стандарти.

Литература:

- [1]. Работен проект : «Съвместна работа на двете пречиствателни станции – ПСРВ и ПСДВ» изготвен от фирма „Уотърлайн сървисис“ ООД гр. София, 2015;
- [2]. Комплексно разрешително на «Асарел-Медет» АД, гр. Панагюрище №404-НО/2010 с всички последващи актуализации



ДЪНДИ ПРЕШЪС МЕТАЛС ЧЕЛОПЕЧ ЕАД – ИНОВАТИВНИ РЕШЕНИЯ ЗА ЕФЕКТИВНО ПРОИЗВОДСТВО В ХАРМОНИЯ С ПРИРОДНАТА СРЕДА

**Николай Симонски, Дънди Прешъс Металс Челопеч ЕАД
Георги Божилов, Дънди Прешъс Металс Челопеч ЕАД
Иван Георгиев, Дънди Прешъс Металс Челопеч ЕАД
Елисавета Вълва, Дънди Прешъс Металс Челопеч ЕАД
Паулина Пенелова, Дънди Прешъс Металс Челопеч ЕАД
Дънди Прешъс Металс Челопеч ЕАД, email: elisaveta.valova@dundeeprecious.com**

DUNDEE PRECIOUS METALS CHELOPECH EAD – INNOVATIVE SOLUTIONS FOR EFFICIENT PRODUCTION IN HARMONY WITH THE ENVIRONMENT

**Nikolay Simonski, Dundee Precious Metals Chelopech EAD
Georgy Bozhilov, Dundee Precious Metals Chelopech EAD
Ivan Georgakiev, Dundee Precious Metals Chelopech EAD
Elisaveta Valova, Dundee Precious Metals Chelopech EAD
Paulina Penelova, Dundee Precious Metals Chelopech EAD
Dundee Precious Metals Chelopech EAD, email: elisaveta.valova@dundeeprecious.com**

ABSTRACT

The main object is innovations for an efficient and environmentally friendly production. Company has been implementing a number of large-scale mine upgrade projects to achieve an annual throughput rate of 2.2 Mtpa. Those projects have targeted effective production with care for the environment and public health. Post 2009, the Company used measurable indicators to achieve the following: ensure maximum efficiency in production process management, upgrade occupational and environmental parameters, ensure efficient use of resources and mine waste management, as well as reduce the specific carbon footprint from operations. Large-scale investments and technological innovations led to improved management of all environmental media. These achievements are presented in figures in booklet and poster.

Key words: upgrade project, innovation, efficiency; management; resources.

Въведение

Минното дело е една от областите, които традиционно се свързват с въздействие върху околната среда. Предизвикателство за всяка компания в минерално-суровинния сектор е да осъществява дейността си така, че освен да задоволява пазарната ниша, в която функционира и се развива, да създава предпоставки, и реално да участва в подобряването на живота на обществото, в близост до което извършва дейността си, и да инвестира в опазването и възстановяването на околната среда.

„Дънди Прешъс Металс Челопеч“ ЕАД е предприятие за добив и преработка на златно-медно-пиритни руди от находище „Челопеч“. То се намира в западния край на село Челопеч в подножието на Стара планина, на 75 км източно от град София и на около 350 км западно от Черно море.

От 2009 година „Дънди Прешъс Металс Челопеч“ ЕАД започна реализацията на редица мащабни проекти по модернизация на инфраструктурата и съоръженията за достигане на добив от 2,2 млн. тона руда годишно, насочени основно към ефективност на производството с грижа за околната среда и човешкото здраве. инсталиране на четири нови флотационни клетки, заменящи работата на съществуващите 26 броя клетки.



След изграждането на новите съоръжения и въвеждането им в експлоатация, се постигна максимална ефективност в управлението на процесите в производството, подобряване параметрите на работна и околна среда. В допълнение на постигнатите вече резултати и ефективност на процесите, през 2018 г. Компанията си постави за цел да оптимизира допълнително използването на природните ресурси, суровини и енергия в производството.

Безспорен е фактът, че благодарение на мащабните инвестиции и приложените иновации в производството се постигна подобрене в управлението на всички аспекти на околната среда. Всички тези постижения детайлно са разгледани и описани в настоящия информационен материал.

Ефективно управление на минните отпадъци

Стерилните скални маси са вид минен отпадък, който в миналото е бил извозван на повърхността, заедно с рудата, като в резултат на това са се образували огромни насипища от скален материал или така наречените табани.

През 2005 г., прилаганата повече от 40 години система на добив с подетажното обрушаване е заменена с така наречената камерна система с последващо запълване на иззетите минни пространства, съобразено с условията в рудник Чelopeч. С този иновативен метод се запазва структурната стабилност на скалния масив; оползотворява се цялото количество стерилна скална маса за запълнение; намалява се относителния обем на хвостовия отпадък, постъпващ в хвостохранилището, като същевременно се ограничава навлизането на повърхностни води в рудника.

Камерната система за добив с последващо запълване на иззетите минни пространства е препоръчана като най-добра налична техника и се прилага в световен мащаб.

Тази иновативна система позволява по-ефективен добив на руда, като същевременно се намаляват значително негативните въздействия върху околната среда и подземните недра.

Ползите за околната среда от новия метод на добив на руда и от възстановяването на пиритното производство са безспорни, като най-важните от тях са:

- намаляване на депонирания в хвостохранилището флотационен отпадък **с 46 % на тон добита руда от 2004 до 2023 година**,
- оползотворяване на всички стерилни скални маси за запълване, което води до предотвратяване образуването на насипища от стерилни скални маси на повърхността;
- предотвратяване образуването на повърхностни пропадания;
- опазване на природните ресурси (повърхностните, подземни води и др).

Употребата на цимент като свързващ компонент за запълване

За запълването на иззетите пространства се използват два типа втвърдяващо се запълване – сухо скално и пастово запълване. По своята същност, запълването на камерите в рудника се състои най-вече от хвостов отпадък и стерилни скални маси, а циментът е добавка към хвостовия отпадък, като основната му цел е да се постигне оптимална якост и осигуряване стабилността на вече запълненото пространство.

От въвеждането на камерната система за запълнение на иззетите пространства, Компанията непрекъснато усъвършенства и оптимизира процеса.

Данните показват, че от **2009 до 2023 година** количеството на цимента в запълващата смес е намаляло **с около 72 % на тон добита руда**. Това се дължи на въведени подобрения в производствените процеси, вследствие от натрупания до момента професионализъм и опит, на повечето вторични камери, които бяха запълнени през последните години, а също на смяната на използвания сулфатостойчив цимент с нов, по-високо ефективен тип цимент, т.нар. пуцоланов цимент (портланд цимент). Този цимент се използва за производство на бетонови смеси, строителни разтвори, конструктивни дейности и други подобни употреби.

Основните предимства на пуцолановия цимент пред сулфатостойчивия цимент са:

- Пестене на време за достигане на необходимата здравина;



- Достигане на същата здравина с ок. 1.2% по-малко количество цимент;
- Значително спестяване на свързаните финансови разходи и не на последно място
- Намаляване с 1.5% на въглеродните емисии от ниво 3 на предприятието.

Камерната система за добив с последващо запълване на иззетите минни пространства е препоръчана като най-добра налична техника и се прилага в световен мащаб.

- В тази връзка, в Компанията предстоят:
- Тестване на цимент с потенциал за намаляване на емисиите от ниво 3;
- Изпитване на торкрет бетон за продължаващо намаляване на влагания цимент;
- Идентифициране и оценяване на други потенциални области за намаляване на използвания цимент.

Опазване на въздуха и намаляване на шума в околната среда

Шум в околната среда

През 2011 година беше извършена реконструкция на вентилационната система в рудника, като старият вентилатор на шахта Север беше подменен с нов, по-ефективен за осигуряване на необходимата вентилация при увеличен добив, което отново е една удачна иновация. За защита на прилежащите земи и атмосферния въздух от отработените газове в изходящия поток беше инсталирана метална преграда непосредствено пред самия вентилатор. Изходящият поток е с определена влажност, дължащо се на естествени процеси на улавяне и извеждане на част от водите в рудника. През 2014 година беше инсталиран специален шумозаглушител, който намали шума на площадката на вентилатора **с 30 dBA**. В резултат на тази дейност се постигна осезаемо намаление на шума при мястото на въздействие **с близо 2 dBA**.

През периода 2009-2017 година беше реализиран проект за „Обезшумяване на вентилационна шахта Изток“ в няколко етапа, свързан с подобряване на звукопоглъщането. Бяха реализирани дейности, като полагане и периодична подмяна на специален звукопоглъщащ материал (вата) от вътрешната страна на сградата, реновиране на сградата от външна страна, инсталиране на специализирани шумозаглушителни панели на въздуховода и обособяване на шумозаглушителен пояс от дървесни видове. В резултат на тези дейности се постигна осезаемо намаление на шума при мястото на въздействие **с близо 15 dBA**.

От спирането на двата цеха за трошене на рудата се постигна общо намаление на шума в околната среда **с около 3 dBA**, което е осезаемо, както за работещите в рудника, така и за жителите на най-близко разположените къщи до производствената площадка.

Качество на атмосферния въздух

След въвеждане през 2011 г. на иновативното решение за експлоатация на нова полуавтогенна мелница, един от основните източници на прах – цех Средно и ситно трошене, беше спрян, като това доведе до намаляване на емисиите от прах **с близо 60 тона на година**.

С изграждането на подземния трошачен комплекс през 2013 г., стадият на едро трошене на рудата беше преместен под земя, което позволи извеждането от експлоатация на другия основен източник на прах – цех Едро трошене, което допълнително намали емисиите на прах **с още 1 тон годишно**.

През 2015 г. напълно беше изградено и пуснато в експлоатация автоматизирано ЖП разтоварище, което се използва за транспортиране и товарене на концентрати (меден и пиритен). Концентратите достигат до разтоварището посредством затворени гумено-транспортни ленти и биват товарени в ЖП композиции от вагони. По този начин се преустанови употребата на камиони за транспорт на концентрати до намиращата се в близост ЖП гара Златица, която до 2013 година беше използвана като основна площадка за товарене на концентрати. Дружеството извършва собствени периодични измервания с акредитирана лаборатория на емисиите от точкови източници –



вентилационните шахти и Топлосилов цех в зимните месеци, когато за отопление се използва мазут. След извършените подобрения след 2009 година, измерените стойности на прах и тежки метали в емисиите, изпускани от точковите източници, отговарят на нормите съгласно Наредба № 1 за норми за допустими емисии на вредни вещества (замърсители), изпускани в атмосферата от обекти и дейности с неподвижни източници на емисии.

Освен проектите, реализирани във връзка с модернизацията на производството, Дружеството извършва редица мероприятия, осигуряващи чистотата на атмосферния въздух. Такива са, например, редовното измиване, почистване и оросяване на пътищата за достъп на производствената площадка и в село Челопеч, контрол върху скоростта на моторните превозни средства на територията на Дружеството, обособяване и поддържане на зелени площи и др.

Опазване на водите

Флотационният отпадък (наричан още хвостов отпадък), получен след преработката на рудата, се депонира в хвостохранилище* Челопеч или се използва за запълване на иззетите пространства в подземния рудник, избистрените води се събират в утайтелно езеро в самото хвостохранилище и се управляват в зависимост от водния баланс, метеорологичните условия и нуждите на производството.

Хвостохранилището се намира на около 3 км южно от село Челопеч в местността Чифлик дере и представлява съоръжение от долинен тип с насипни стени. Въведено е в експлоатация на 01.07.1974 г. Категоризирано е като съоръжение за минни отпадъци категория „А“ според Директива на ЕС 2006/21/ЕС и съгласно Разрешително №3/11.06.2015 г. за управление на минни отпадъци, изменено с Разрешително № 6/23.12.2019 г.

Хвостохранилището, като част от цялата схема на преработка на рудата, функционира в нормални параметри. През 2015 година бе завършен първият проект за модернизация на хвостохранилището, който бе реализиран близо пет години. Проектът включваше следните основни дейности: надграждане и затежняване на основната стена; реконструкция и модернизация на дренажната помпена станция; надграждане на североизточната и северозападна ретензионни стени; изграждане на нова западна контрастена; възстановяване на канал за отвеждане на дъждовни води извън чашата на хвостохранилището, изграждане на противифилтрационна завеса в петата на основната стена, реконструкция на системата за обратно водоснабдяване, вкл. чрез изграждане на нови помпени станции (плаваща и стационарна) и тампониране на колектора на дренажната станция.

Полагането на изолиращ глинен слой под реконструирания табан за руда и изграждането на закрит хвостопровод с двойна обваловка (бетонни улеи, разположени непосредствено под тръбопровода) са мерки, които допълнително намалиха до минимум риска от замърсяване на водите.

През 2020 година беше завършен вторият проект за модернизация на хвостохранилището, чрез който хвостохранилището беше разширено и надградено до проектната си кота 630.

През 2021-2022 година е изпълнен проект за затежнение на основната стена, което доведе до оптимизация в сигурността на хвостохранилището, съгласно най-добрите световни стандарти за управления на подобен тип съоръжения.

Всички тези дейности са ключови за опазване на компонентите на околната среда, особено за опазването на водните ресурси, от евентуално въздействие от хвостохранилището, както и за постигане на най-добрите практики и стандарти за управление на съоръженията за съхранение на руда и минни отпадъци.

За последните пет години не са зауствани индустриални избистрени води в околната среда.

През 2017-2018 година на територията на „Дънди Прешъс Металс Челопеч“ ЕАД беше изградена и пусната в експлоатация Модулна пречиствателна станция за битово-фекални отпадъчни води. Това е допълнителна мярка за възстановяване и опазване на водните ресурси.

Пречиствателната станция постигна своето предназначение и осигурява необходимото качество на пречистване.



От месец юли 2020 г., пречистените отпадъчни води от модулната станция са пренасочени в производствения цикъл и се управляват в затворен кръг, като заустването в околната среда е преустановено.

С тази своя инициатива и реализирано намерение, Дружеството осигури около 6% намаление на общото потребление на свежа вода в производството, като същевременно преустанови заустването в повърхностен воден обект на около 40 000 м³/година, което е една добра стъпка в опазването на околната среда и оптимизацията на употребата на природни ресурси.

* Хвостохранилището е всяко пространство, предназначено за събиране или депониране на минни отпадъци в твърда или течна фаза, в разтвор или суспензия за определен период от време

Употреба на свежи води в производството

С проекта за модернизация на обогатителната фабрика от 2010 г. до 2014 г. бяха въведени в експлоатация нова полуавтогенна мелница, нови флотационни клетки, високоефективни сгъстители, нова филтър преса, нова секция за пиритна флотация, като същевременно бяха изведени от експлоатация старите флотационни клетки, цехове Едро и Средно и ситно трошене. В допълнение, беше въведена изцяло автоматизирана система за наблюдение и контрол на технологичните процеси, осигуряваща наблюдение състоянието на основното производствено оборудване.

След въвеждане в експлоатация на новите съоръжения в обогатителната фабрика, бе постигнато намаление в консумацията на свежа вода от язовир Качулка с **повече от 50%** (2012 спрямо 2011 г.).

В допълнение на постигнатите вече резултати и ефективност на процесите, през 2018 г. Компанията си постави за цел да оптимизира допълнително използването на свежи води в производството. Извършен беше преглед и анализ на текущото потребление, идентифициране на основните източници консуматори на свежа вода. На база направения преглед, бяха набелязани мерки и план за действие за тяхното осъществяване, като през 2021 година всички мерки са изпълнени, а резултатите от тях показват, че е постигната целта на Компанията да оптимизира потреблението на този важен ресурс в своето производство.

Данните показват, че от 2004 до 2023 година консумацията на свежа вода е намаляла с **около 76 % на тон добита руда**. Основна причина за това е, че се постигна оптимизация на обратното водоснабдяване, като **почти цялото количество** от водата, използвана за производствени нужди, се връща обратно в производството. Новите сгъстители за концентрат и флотационен отпадък, заедно с филтър пресата, позволиха процесът на рецикулация на обратната вода да се извършва още на площадката на обогатителна фабрика и по този начин, освен консумация на свежа вода, се спестява и електроенергия от работата на помпите в помпена станция на хвостохранилището. Допълнителните усилия за оптимизиране употребата на свежа вода осигуриха устойчивост на постигнатите резултати, което е една от основните цели на Компанията в дългосрочен план.

Опазване и възстановяване на почвите

Средногорието е традиционно минен регион. Дейността на рудодобивните дружества в региона е обусловена от наличието на рудопроявления. Находище Челопеч е част от Челопешкото рудно поле на Панагюрския руден район. Наличието на разкрития на минерализирани участъци, съдържащи рудни минерали, аналогични на тези в масивно сулфидния тип находище, обуславя качествените показатели на почвите в района и наличието на естествено фонови по-високи концентрации на някои елементи (мед, олово, цинк, арсен) в тях.

Върху качеството на компонентите на околната среда в региона е повлияла и дългогодишната експлоатация на рудодобивните и рудопереработвателни дружества, преди въвеждането на сегашните екологични стандарти и норми в страната.



Дружеството работи в съответствие с изискванията на националното и европейско законодателство, като в допълнение компанията се стреми да въвежда най-добрите световни практики, както и нови иновационни решения.

Още през 2004 г. стартира изпълнението на програма по възстановяване и рекултивиране на терени, нарушени от минала минна дейност, вкл. възстановяване на пропаднали терени и такива с изоставени постройки и насипища от минни отпадъци (стерилна скална маса), с цел възстановяване на околната среда в и около индустриалната площадка на дружеството.

Основната цел на зелените проекти е максимално възвръщане на терените към първоначалното им естествено състояние и засаждане на дървесни и храстови видове, типични за района, което ще позволи запазване и възстановяване на хабитатите (местообитанията) на различни животински видове

Към края на 2021 г. са възстановени общо **22,3 хектара**, като над **167 600 дръвчета и храсти** са засадени и отглеждани.

От 2004 г. до момента са ликвидирани и рекултивирани:

- най-голямото повърхностно пропадане „Чуговишка обрушовка“, разположено изцяло в горски фонд;
- насипище (табан) за стерилни скални маси при шахта „Запад“;
- стара обогатителна фабрика и насипище (табан) към нея;
- старо насипище до шахта „Изток“, което е разположено в общински терен, като същевременно е укрепен брега на река Воздол;
- старо насипище (табан) при ш. „Север“, разположен в земи горски фонд.

Дружеството предвижда запълване на още едно повърхностно пропадане и рекултивация на стари насипища в района на шахта Изток, както и поддържане на вече рекултивирани терени.

Във връзка с реализация на проект за Надграждане на хвостохранилище Челопеч до кота 630, през 2019 г. старите депа за хумус бяха преместени и включени в новоизградени 5 бр. нови депа за съхранение на земно-скални материали и едно депо за съхранение на хумус. Преместването им се наложи поради факта, че тяхното местоположение съвпаднаше с предвидените дейности по надграждане на стените на хвостохранилището. Общият обем на съхраняваните почвени материали към момента е около 845 000 м³.

Други реализирани мерки за опазване на почвите са:

- Изграждане на защитна бариера за предпазване на прилежащите терени от сухо отлагане на отпадъчните газове при вентилационна шахта Север;
- Укрепване на откосите и бермите на основната стена на хвостохранилището;
- Облагородяване на площите в близост до ж.п. гара Златица, източен портал на Дружеството, складове за съхранение на концентрати;
- Альтернативи за използване на рекултивирани терени – проект за проучване на възможности за възстановяване на нарушени земи, върху които е разположено хвостохранилище „Челопеч“. За провеждането на полевите тестове бяха изградени експериментални участъци в района на хвостохранилището. Площадката имитира условията на рекултивирано по различни методи хвостохранилище. Теренът на полевите тестове е с площ от 5 дка. С оглед качествено провеждане на експериментите, при засаждането „опитното поле“ е разделено на поливна и неполивна площ. За поливната площ бе монтирана поливна система с капково напояване. На двете площи бяха засадени лавандула, мента, кръвен здравец, маточина и салвия. Засажените растения бяха групирани по видове, а всяка отделна площ бе разделена на варуван и неваруван участък, за да се тества как се развиват растенията при различна киселинност на почвата. Ежегодно се проследяваха и изследваха растежът и развитието на етерично-маслените и технически култури. Изследваше се начинът на презимуване на растенията, отчиташе се качествения състав на водата в почвата, почвените субстрати и хвоста, електропроводимост и киселинност. Взети бяха растителни проби за химически анализ за установяване на адсорбираните елементи, направени бяха биометрични изследвания на



растенията и продукцията. Резултатите от проекта ще бъдат ползвани за подготовката на бъдещите планове/проекти за закриване и рекултивация на хвостохранилище „Челопеч“. Благодарение на проведените проучвания и тестове, след приключване на рекултивацията, местната общност ще има възможност да развива земеделие с икономическа цел, отглеждайки подходящи технически култури.

- Проект за подобряване състоянието на почвите, изпълняван съвместно с Лесотехнически университет, София – проучване за възможностите за биоремедиация на индустриални терени, използвайки възможните технологии, съобразно климатичните условия и характеристиката на почвите, чрез подходящи растителни видове и подобрители за почви;

Енергийна ефективност

Известно е, че тежката промишленост е един от основните потребители на електроенергия в световен мащаб, като усилията на повечето компании през последните няколко години са насочени към реализиране на редица мерки за постигането на максимална енергийна ефективност.

Добивът и преработката на руда в предприятието, макар че се извършват с модерна техника и съоръжения, консумират голямо количество електроенергия. След реализацията на проектите по модернизация на инфраструктурата и съоръженията, за постигане на добив от 2,2 млн. тона руда годишно, дружеството успя да постигне устойчивост и в консумацията на електроенергия. От 2004 година до 2023 г консумацията на електроенергия е намаляла с **повече от 18 % на тон добита руда**, което се дължи на ефективното управление на водите в оборот, на извършените подобрения във вентилационната система и други инфраструктурни елементи в рудника.

Въвеждането в експлоатация на новата система от транспортни ленти за извоз на добитата руда доведе до намаляване интензивността на ползване на подземния дизелов транспорт, за сметка на увеличена консумация на електроенергия. Вследствие на това, се постигна значително намаление на замърсители на въздуха, генерирани от транспорта.

Едно от най-съществените иновативни решения за консумация на зелена енергия е въвеждането в експлоатация на отоплителни слънчеви колектори, разположени на покрива на административна сграда Рудник.

През 2020 година беше извършено предпроектно проучване за оползотворяване на наличните свободни площи с поставянето на фотоволтаични панели, за осигуряване на енергия за собствени нужди. Такива площи са, например, покриви на сгради, свободни зони около и в производствената площадка и други, . На този етап Дружеството продължава да търси възможности за осигуряване на енергия от възобновяеми източници, като разглежда всички възможни варианти, които да са икономически обосновани и същевременно щадящи околната среда.

В допълнение на постигнатите вече резултати и ефективност на процесите, през 2018 г. Компанията си постави за цел да оптимизира допълнително използването на електроенергия в производството. Извършен беше преглед и анализ на текущото потребление, идентифициране на основните източници консуматори на електроенергия.

На база направения преглед, бяха набелязани мерки и план за действие за тяхното осъществяване, като през 2023 година всички мерки са изпълнени, а резултатите от тях показват, че Компанията постига своята цел да оптимизира непрекъснато потреблението на този важен ресурс в своето производство.

С всички тези подобрения, Дружеството демонстрира своята ангажираност и готовност за трансформация към чисти технологии и зелена енергия. Усилията на цялата компания във всичките й дружества в тази посока продължават, като дългосрочните цели са: да намалим абсолютните си нетни емисии на парникови газове в Обхват 1 и 2 с 37.5% до 2035 г. и да постигнем нулеви нетни емисии до 2050 г. Ангажираме се да разработим цели за количествено намаление на Обхват 3 до 2025 г.



Потребление на дизелово гориво

Освен консумацията на електроенергия, друг основен ресурс, обезпечаващ добива и преработката на руда, се явява дизеловото гориво. Консумацията му за извоза на добитата руда намаля с повече от **30 % на тон руда** от 2004 година до 2023 година. Това се дължи на работещия подземен трошачен комплекс и система за транспорт на рудата, изградени през 2012 г. **Подземният трошачно-транспортен комплекс в рудник „Челопеч“, въведен в експлоатация през февруари 2013 г., е уникален за България с решенията си за безопасен и устойчив рудодобив, и грижа за околната среда. С тази завършена система за трошене и транспортиране на добитата руда от подземния рудник до повърхността, се осигурява цялостност на работния процес, опазването на околната среда и човешкото здраве.**

Дизелово гориво се използва и при извоза на крайния продукт – минерални концентрати. До април 2013 година крайната продукция се транспортираше с камиони от индустриалната площадка до ж.п. гара Златица. В момента концентратите се транспортират чрез система от затворени гумено-транспортни ленти до възстановеното ж.п. отклонение на територията на дружеството, като скъсяването на дистанцията доведе до намаляване с над **50 %** на количеството използвано гориво за извоз на крайната продукция. С това, от една страна се намаляват значително емисиите от парникови газове и основно тези от въглероден диоксид, а от друга страна се намаляват емисиите на вредни вещества в атмосферния въздух.

Опазване на климата

Следвайки политиката си на опазване на околната среда, „Дънди Прешъс Металс Челопеч“ ЕАД отчита значението на опазването на климата и високата му приоритетност по отношение на дейностите си, и по-специално що се отнася до намаляването на емисиите от парникови газове, насърчаването използването на възобновяеми енергийни източници и подобряването на енергийната ефективност. Във връзка с това, през 2011 година дружеството стартира проект за инвентаризация на директните и индиректните емисии от парникови газове, свързани с производството и предвиждане на мерки за тяхното управление.

Съгласно методиката на ЕБВР, емисиите на ПГ се разделят на директни и индиректни. Директните емисии са следствие на процеси, протичащи във физическите граници на проекта. Индиректните емисии са такива емисии, които възникват единствено в резултат на съществуването на проекта, но които се случват извън границите на проекта. Емисиите от Ниво 1 (директни емисии) произтичат основно от употребата на гориво в производството, Емисиите от Ниво 2 са индиректни емисии от производството на употребената електроенергия в предприятието. Емисиите от Ниво 3 произтичат основно от три източника – производството на употребените материали, транспорта на концентрата и загубите от пренос на електроенергия по мрежата.

По-ефективните производствени процеси и по-добрите системи за управление, въведени от 2004 година насам, помогнаха значително да се намали въздействието върху околната среда.

Мярка за това въздействие, от гледна точка емисии на парникови газове, е т.нар. въглероден отпечатък. Той отразява количество емисии, отнесени към количество продукция (руда или концентрати).

„Дънди Прешъс Металс Челопеч“ ЕАД с гордост може да се похвали с постигнати успехи в областта на управлението на своя въглероден отпечатък, като проследяването и докладването на тези резултати започна още през 2011 година в доклада за корпоративна социална отговорност, който се издава ежегодно. Още през 2011 година компанията си постави за цел да намали своето специфично въздействие с 20% до 2020 година. Тази амбициозна цел беше обвързана с конкретни мерки в областта на употребата на електроенергия, дизелово гориво и материали в различните звена, както и завършването на ключови проекти. Целта беше преизпълнена още през 2012 година, като специфичното въздействие беше намалено с 23 % в сравнение с базовата 2009 година. Това бе постигнато в резултат на изпълнението на ключови мерки, като подобряване управлението на



отоплителната система, разширяване на съществуващите системи за енергиен мониторинг и мениджмънт, подмяна на старите осветителни тела в рудника, използване на подземния трошачен комплекс, затваряне цикъла на обратното водоснабдяване и други.

Като цяло, в резултат на всички реализирани проекти на компанията, свързани с постигането на добив от 2,2 млн тона руда годишно и допълнителните мерки за оптимизация употребата на ресурси, се постигна значително намаляване на емисиите от парникови газове, изчислени на тон добита руда. През последните пет години се наблюдават устойчиви нива на емисиите от парникови газове за Нива 1 и 2 на тон добита руда, като за 2023 година намалението е с **39%** в сравнение с базовата година (2009 година е взета за базова).

През 2021 г. подобрихме нашата методология за инвентаризация на Ниво 3 за докладване на непреки емисии, свързани със следните категории по протокола за парникови газове: закупени стоки и услуги и капиталови стоки; Дейности, свързани с горива и енергия, които не са включени в Ниво 1 или Ниво 2; Транспорт и дистрибуция; и обработка на продадени продукти. Това покрива над 98% от всички емисии на компанията за Ниво 3.

Въглеродната интензивност на компанията (на \$ приходи) непрекъснато намалява. Освен това, отбелязахме спад от 18% в общото ни потребление на електроенергия (спрямо базовата година), което е основният източник на нашето оперативно потребление на енергия. Също така, наскоро обявихме нашия набор от цели за намаляване на емисиите на парникови газове, да стимулираме повече иновации и насърчим още повече усилия за декарбонизация в нашия бизнес.

В резултат на това, компанията си постави амбициозни дългосрочни цели, а именно - да намалим абсолютните си нетни емисии на парникови газове в Обхват 1 и 2 с 37.5% до 2035 г. и да постигнем нулеви нетни емисии до 2050 г. Ангажираме се да разработим цели за количествено намаление на Обхват 3 до 2025 г.

Какво постигнахме в резултат на общите ни усилия

В резултат изпълнението на всички тези проекти се постигна иновативно управление на ефективен, безопасен и екологосъобразен подземен добив, чрез завършена система за трошене и транспортиране на добитата руда от подземния рудник до повърхността, където се осигурява нейната преработка с помощта на високоефективни и модерни съоръжения, безопасно и щадящо околната среда съхранение на флотационния отпадък и транспорт на крайната продукция. С това се осигурява цялостност и устойчивост на целия работен процес.

С работата си, „Дънди Прешъс Металс Челопеч“ ЕАД практически доказва, че увеличението на добива съвсем не означава по-голямо въздействие върху околната среда.

Именно инвестициите в разширение и модернизация на производството ни дават възможност да подобряваме енергийната и ресурсната си ефективност, и да намаляваме екологичния си отпечатък.



ИНОВАТИВНИ И ПРАКТИЧНИ РЕШЕНИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАМЪРСЕНИ ДРЕНИРАЩИ ВОДИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА МИННИ ОТПАДЪЦИ

инж. Станимир Гергов -
Ръководител обособено производство ПС и ХТС, Рудодобивен комплекс гр. Етрополе,
„Елаците-Мед“ АД, с. Мирково
st.gergov@ellatzite-med.com

РЕЗЮМЕ

„ЕЛАЦИТЕ – МЕД“ АД е дружество с основен предмет на дейност добив и първична преработка на медно-порфирни златосъдържащи руди. В резултат от дейността на дружеството се генерират и минни отпадъци, като същото е и оператор на съоръжения за съхранението им.

Минните отпадъци на територията на Рудодобивния комплекс са резултат от дейността по осигуряване на достъпа до рудното тяло в находището. Управлението на тези отпадъци, мониторингът, контролът и инспектирането на съоръженията за тяхното съхранение са законово регламентирани и целящи ограничаване на вредното им въздействие върху околната среда, безопасността и човешкото здраве и предотвратяване възникването на големи аварии.

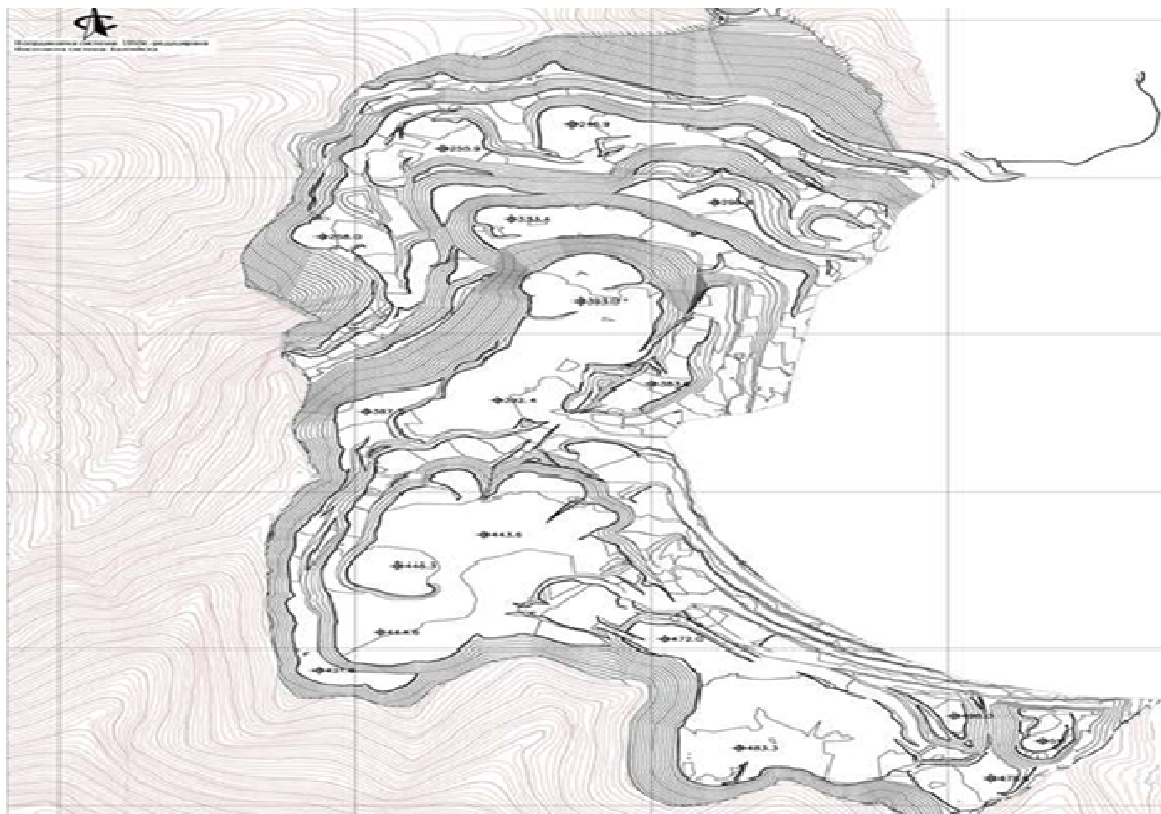
I. СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА СЪХРАНЕНИЕ НА МИННИ ОТПАДЪЦИ.

Рудодобивен комплекс към „ЕЛАЦИТЕ – МЕД“ АД е оператор на две съоръжения за минен отпадък - Източно и Западно насипище. На „Източното насипище“ се изпълнява техническа и биологична рекултивация и са изградени съоръжения за отвеждане на повърхностните води.



Фиг. 1. Източно насипище

„Западното насипище“ към момента е основното съоръжение за депониране на минни отпадъци. Съоръжението обезпечава нормално складиране на минен отпадък. Между отделните нива на съоръжението са предвидени предпазни берми с минимална широчина 30 m. Предвидени са също и пътни връзки между отделните нива. За отвеждане на съоръжението е изградена система за отвеждане на водите извън границите на насипището.



Фиг. 2. Западни насипища

II. ЕКОЛОГИЧНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА МИННИЯ ОТПАДЪК.

Минните отпадъци от „ЕЛАЦИТЕ – МЕД“ АД, са изградени от шисти, дайки и гранодиорити с ниско съдържание на сулфидни минерали в тях. Вследствие на въздействието на атмосферните фактори и наличието на ацидофилни хемолитотрофни тионовы бактерии, настъпва окисление на сулфидните минерали при които се генерират води с ниско рН и с повишено съдържание на тежки метали в тях. Елементите са в йонна форма, което е предпоставка за висока мобилност и възможност за миграционно разпространение, чрез транспортиране, използвайки водните течения на големи разстояния от източника на формирането им. Поради ниското рН и негативното въздействие на тежките метали, има възможност за неблагоприятно въздействие върху живите организми във водоприемниците.

III. РЕШЕНИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАМЪРСЕНИТЕ ВОДИ И НАМАЛЯВАНЕ ВРЕДНИТЕ ЕКОЛОГИЧНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ.

Опазването на околната среда и в частност проблемът с генерираните от съоръженията за минни отпадъци води се е превърнало в основна грижа за „ЕЛАЦИТЕ – МЕД“ АД. На територията на Рудодобивен комплекс са изградени редица хидротехнически съоръжения за управлението на водите чиято цел е недопускане смесването на чисти и замърсени води, като замърсените води се управляват чрез изградени иновативни и практични решения на хидротехнически съоръжения.

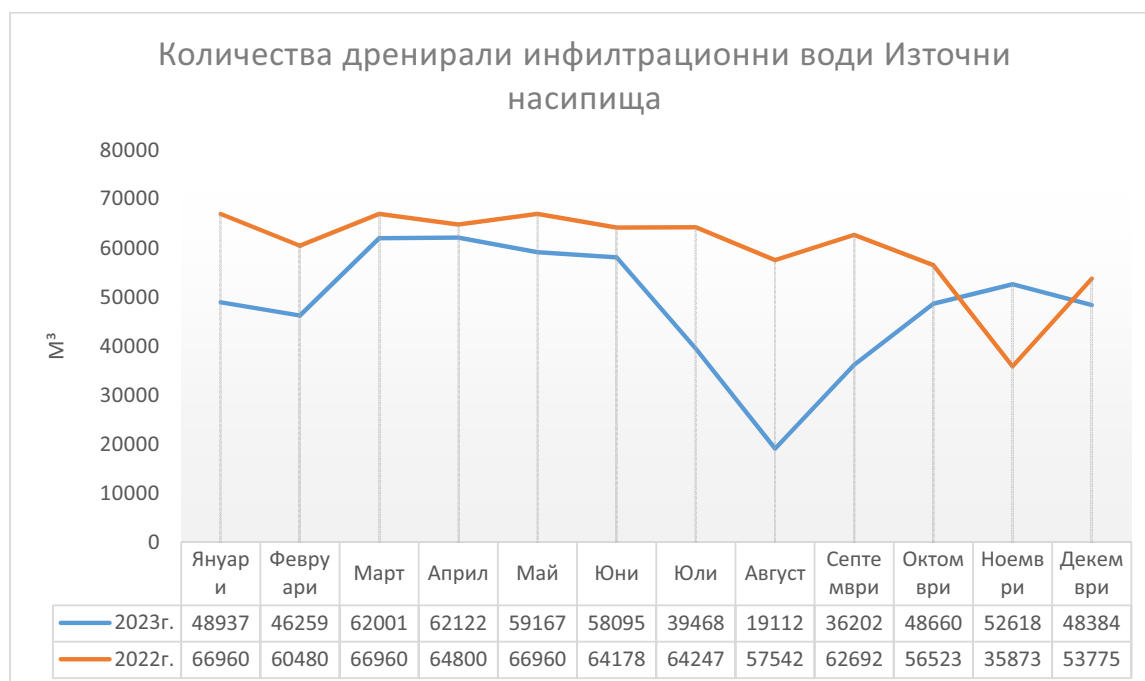
Изградените хидротехническите съоръжения, с които се управляват дренажните киселинни води от съоръженията за минни отпадъци, са система от отводнителни подземни минни изработи, водоулавящи съоръжения, помпени станции, пречиствателни станции за отпадни води.



1. Решения за управление на дrenaщите води, генерирани от СМО Източно насипище.

Генерираните води се улавят с изградени три броя водохващания и отвеждат през подземна минна изработка на хоризонт 1050 с дължина 1990 m чрез ретензионни резервоари и тръбопроводна линия до ПСОВ ММТЕС. Пречиствателната станция е проектирана и изградена по японска технология с капацитет на пречистване 80l/s. Уникалното за технологията е процеса на неутрализация чрез циркулация на утайката, което води до получаване на фина утайка с добра филтруемост, повишена плътност и намален обем, пречистените води се заустват съгласно Разрешителното на заустване на пречистени води.

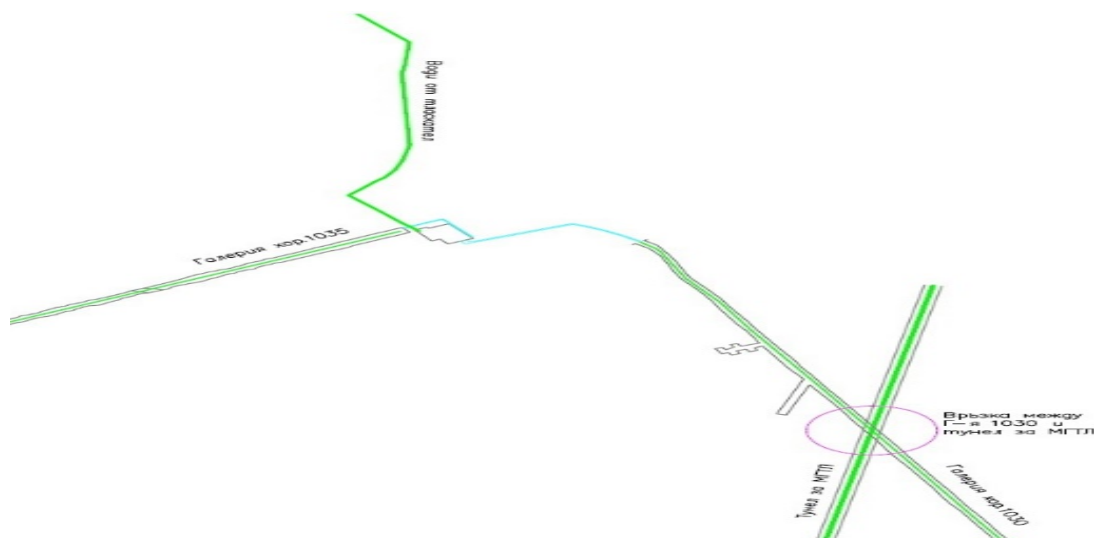
Количествата води генерирани и пречистени през 2022 г. и 2023 г. са представени графично на фиг. 3, като средните моментни дебити, за 2022 г. се равняват на 0,023 m³/s, а за 2023 г. на 0,018 m³/s.



Фиг. 3. Количества дrenaли инфилтрационни и пречистени води от Източни насипища за 2022 г. и 2023 г.

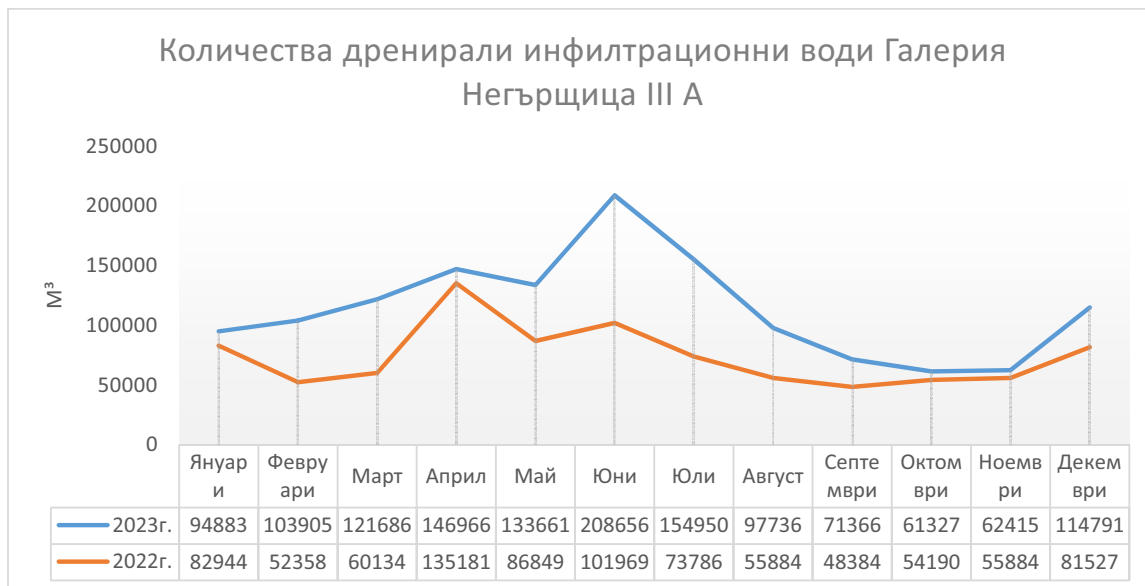
2. Решения за управление на дrenaщите води, генерирани от СМО Западно насипище.

Генерираните количества дrenaщи през съоръжението за минни отпадъци води, се улавят и управляват чрез две водохващания с коренно различни решения, обща събирателна шахта и тръбопроводна линия до тунел МГТЛ. Дrenaщите кисели води от насипището се използват за оборотни, като преди използването им се неутрализират и пресипитират в хвостохранилище „Бенковски 2“. Схематично управлението е представено на фиг. 4:



Фиг. 4. Схема на управление на инфилтрационни води от Западно насипище.

2.1. Водохващане в галерия Негърщица III А – Улавя дrenaращите замърсени води на високо ниво, като в галерията е изградено водохващане и чрез тръбопроводна гравитачна система, водите се отвеждат до събирателна шахта. Количествата води генерирани от водохващането през 2022 г. и 2023 г. са представени графично на фиг.5, като средните моментни дебити, за 2022 г. се равняват на 0,028 m³/s, а за 2023 г. на 0,044 m³/s.

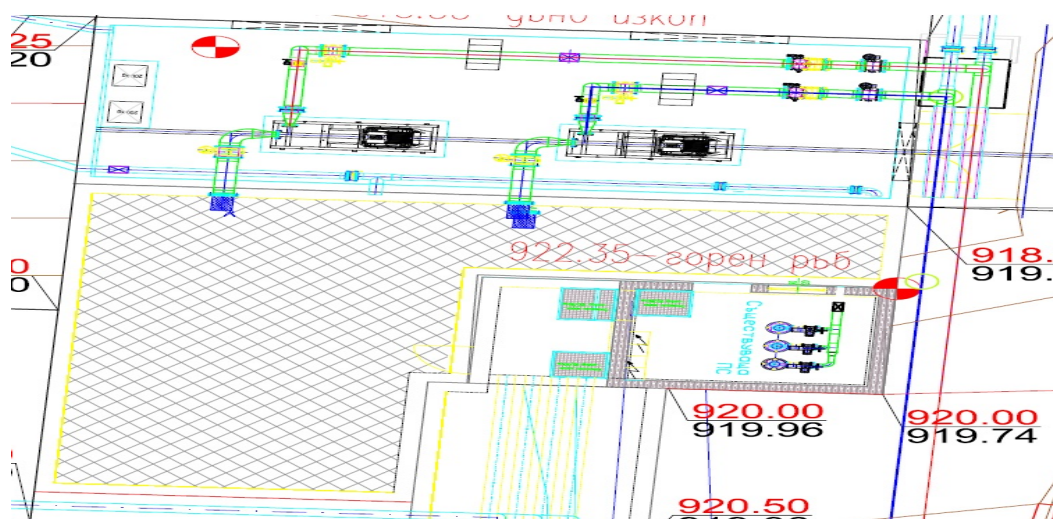


Фиг. 5. Количества дrenaрали инфилтрационни води от Западно насипище, г. Негарщица III А за 2022 г. и 2023 г.

2.2. Помпена станция на хоризонт 922 (Тласкател) – Помпената станция за дrenaращите замърсени води представлява едно иновативно решение за улавяне инфилтрационните води на по-ниско ниво, в петата на насипището и напорното им изпомпване до събирателна шахта на хоризонт 1035. Изградена е от водохващане за дrenaращата кисела вода, която постъпва в резервоар с обем от 17 m³ и втори с обем от 35 m³. Водата от резервоара се изпомпва до събирателна шахта на х. 1035 с 3 бр. помпени агрегати Grunfos SP 30 – 15N, с максимален капацитет на една от помпите Q max =

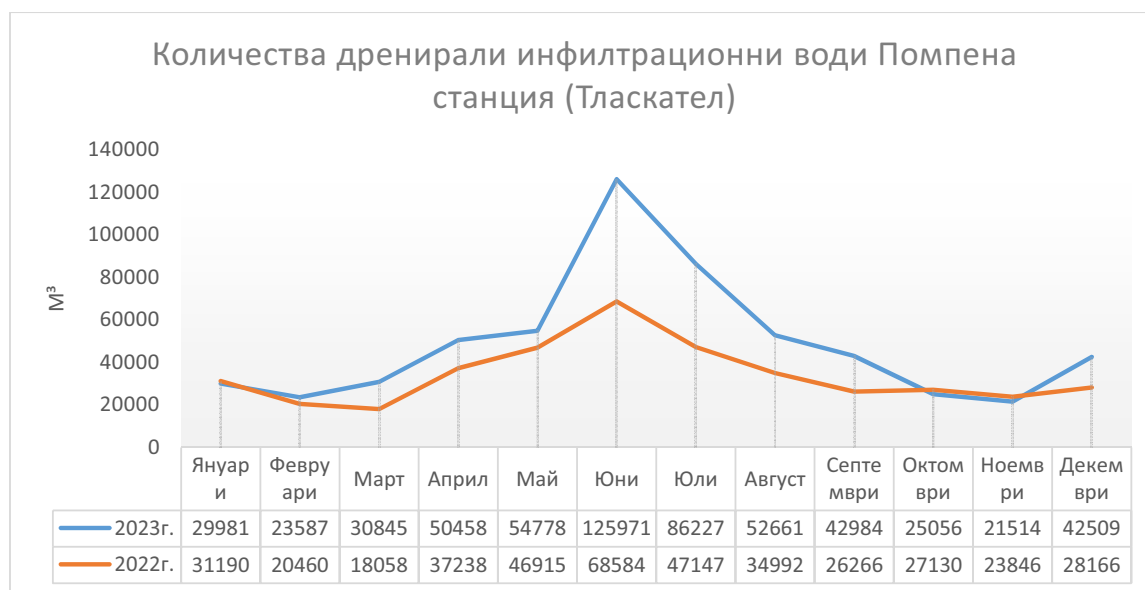


0,008 m³/s, като тръбопровода HDPE DN125, до събирателна шахта е общ и за трите агрегата. При дебити над максималния им капацитет от 0,024 m³/s, водите постъпват в резервоар с обем от 220 m³. Тези количества води се изпомпват до събирателната шахта с 2 бр. помпени агрегата Pioneer SC64C17 с максимален капацитет на една от помпите $Q_{\max} = 0,060 \text{ m}^3/\text{s}$, като тръбопроводите HDPE DN250 до събирателна шахта са отделни за всеки агрегат. Управлението на всички помпени агрегати може да се извършва на място или дистанционно, чрез автоматизирана система за управление SCADA. В ситуация на постъпващо количество кисела вода в помпена станция над общият максимален капацитет от 0,144 m³/s, на всички работещи помпени агрегати, същата се пренасочва към ПСОВ за пречистване и последващо заустване в приемният водоизточник.



Фиг. 6. Помпена станция (Тласкател)

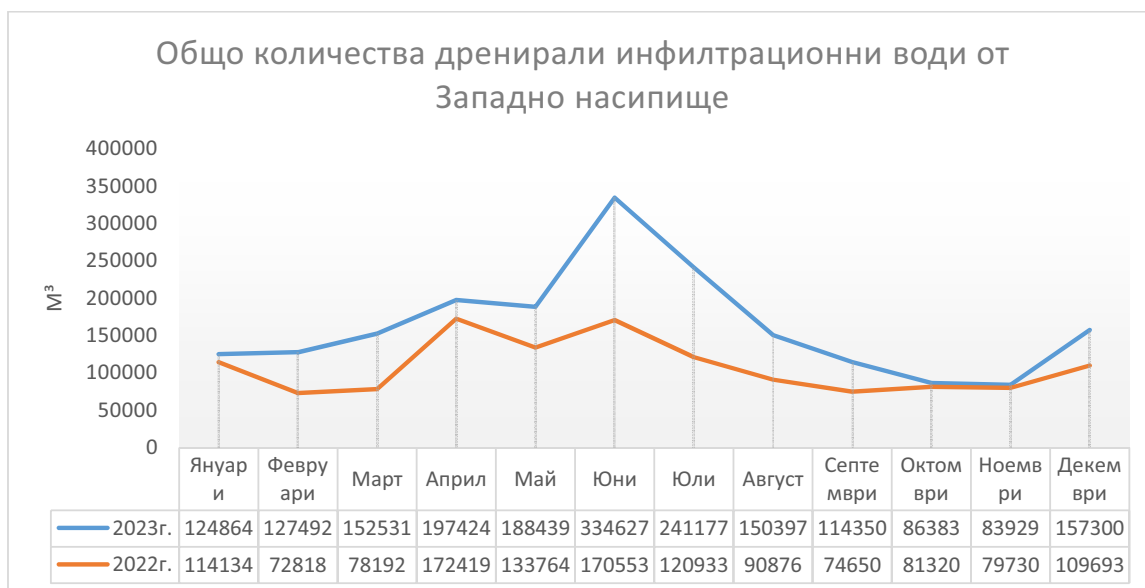
Количествата води генерирани от помпената станция през 2022 г. и 2023 г. са представени графично на фиг.7, като средните моментни дебити за 2022 г. се равняват на 0,013 m³/s, а за 2023г. на 0,018 m³/s.



Фиг. 7. Количества дренирани инфильтрационни води от Западни насипища, Помпена станция за 2022 г. и 2023 г.



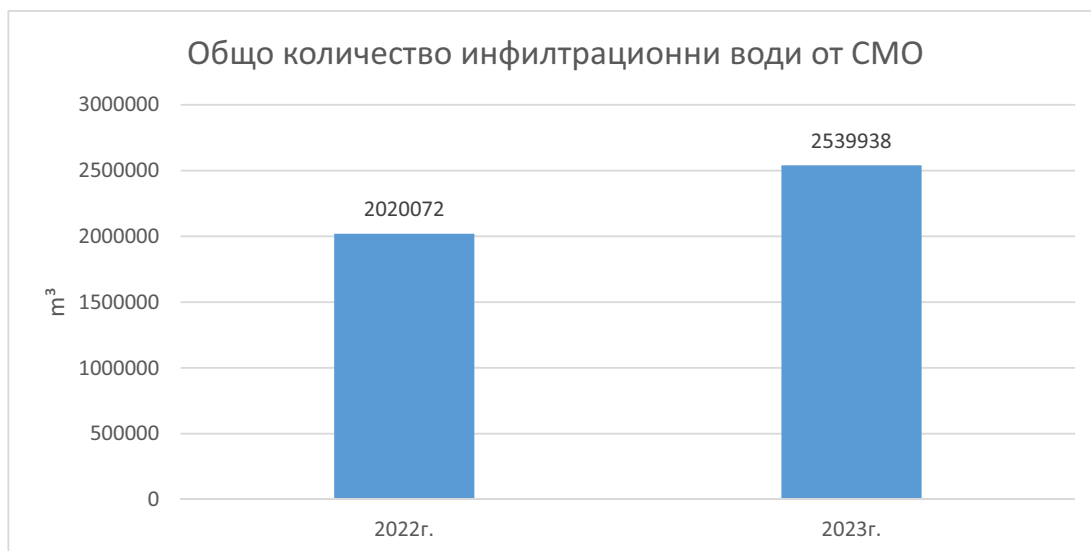
Общо количество на замърсените кисели води от Западно насипище за 2022 г. и 2023 г. от галерия Негършица III А и Помпена станция са представени графично на фиг.8, като средните моментни дебити за 2022 г. се равняват на 0,041 m³/s, а за 2023 г. на 0,062 m³/s.



Фиг. 8. Общо количество дренирали инфильтрационни води от Западно насипище.

3. Общо генерирани количества замърсени води.

Генерираните количества води с киселинен характер от двете съоръжения за минни отпадъци за 2022г. и 2023г. са представени графично на фиг.9:



Фиг. 9. Общо количество инфильтрационни води от съоръжения за минен отпадък.

Средни моментни дебити на инфильтрационни води от съоръженията за минен отпадък за 2022 г. се равняват на 0,064 m³/s, а за 2023 г. на 0,080 m³/s.

Средни моментни дебити на инфильтрационни води използвани за оборотни от съоръжение за минен отпадък Западно насипище за 2022 г. се равняват на 0,041 m³/s, а за 2023 г. на 0,062 m³/s.



IV. РЕЗУЛТАТИ.

Постигнатите резултати в следствие на иновативните решения реализирани от „ЕЛАЦИТЕ – МЕД“ АД, превърнали се в добри практики за управление на водите генерирани от съоръженията за съхранение на минни отпадъци, са изключително ефикасни и с положително въздействие върху околната среда изразяващо се във:

1. Максимално възможно ограничаване замърсяването на естествените надземни и подземни водоизточници и предизвикването на неблагоприятни екологични последствия;
2. Използване на инфилтрационните води от съоръженията за минен отпадък за оборотни, чрез което:
 - Използването на свежи води се редуцира с количества 0,041-0,062 m³/s, което е положителен аспект, намаляващ консумацията на природни ресурси. Количества от 0,041-0,062 m³/s са достатъчни за обезпечаване битовите и хигиенни нужди на населено място с около 16 000 жители;
 - Намалява се използването на енергийни мощности за пречистването им с около 90 kW/h, което допринася за повишаване енергийната ефективност на дружеството.

Вследствие на постигнатото чрез направените инвестиции за реализирането на решенията, иновативността им и ефективното използване на ресурсите, значително се намалява екологичния отпечатък върху околната среда съпроводен от дейността на дружеството.



„AGEMERA“, ИНОВАТИВНИ ПОДХОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГЕОЛОЖКИЯ ПОТЕНЦИАЛ НА НАХОДИЩЕ „АСАРЕЛ“ ЧРЕЗ СЪЧЕТАНИЕ НА СЪВРЕМЕННИ ГЕОЛОЖКИ И ГЕОФИЗИЧНИ МЕТОДИ

Десислав Иванов – гл. инженер, геология

Въведение

Минно-обогатителен комплекс „Асарел-Медет“ АД е първата, най-голяма и водеща българска минна компания за открит добив и обогатяване на медни и други руди. Намира се на 11 км северозападно от град Панагюрище и на 90 км източно от столицата София. „Асарел-Медет“ АД е акционерно дружество с основен предмет на дейност - открит добив и обогатяване на медни и други руди, биохимично извличане на мед и свързаните с това инженерингови и търговски дейности. Компанията е носител на десетки национални и международни отличия в областта на инвестициите, иновациите, екологията, мениджмънта, фирмената култура, безопасността на труда и корпоративната социална отговорност. Едно от тези отличия беше националната браншова награда за иновации през 2021 г. за успешно приключения международен проект „X-mine“ по програма „Хоризонт Европа“. В момента компанията е пред ново предизвикателство в сферата на иновациите и технологичната революция на зеления преход в минното дело – проект „АГЕМЕРА“. „Асарел-Медет“ АД е единствената българска компания, която участва в международния изследователски проект „АГЕМЕРА“ за проучване на потенциала на Европа по отношение на критичните суровини (CRM). Компанията обединява ресурсите, експертизата, иновационната сила и новите технологии с организации от 10 европейски страни - Финландия, Германия, Нидерландия, Хърватска, Естония, Унгария, Испания, Босна и Херцеговина, Полша и България. Консорциумът включва университети, научни институции, технологични компании и минни предприятия, а координатор е Университетът в гр. Оулу - Финландия. От българска страна, освен „Асарел-Медет“ АД, участва също и Геологическият институт при БАН.

Световното търсене на CRM бързо нараства поради прехода към по-екологични технологии, производството на зелена енергия и стремежа към по-дигитален свят. За да може Европейският съюз (ЕС) да бъде по-устойчив и да развие стратегическа автономия, от съществено значение е да се мобилизира вътрешният CRM потенциал на Европа. Старият континент има дълга традиция в добива и извличането на някои критични и стратегически суровини (напр. Cu, Zn и Pb), но по-малко в добива на други CRM. Това отчасти се дължи на факта, че много от CRM не са били считани за ценни по-рано. Въпреки това, Европа има значителен потенциал за CRM, заключен в много рудни райони. От първостепенно значение е тесните места в доставките на суровини да бъдат коригирани в близко бъдеще, за да се постигне стратегическа автономия на веригите за доставки на европейските индустрии. Това е особено важно за CRM, които имат съществена роля за прехода към нисковъглеродна и цифрова икономика. В много случаи едни и същи суровини се изискват от множество технологии и сектори, критични за прехода към чиста енергия, които следователно ефективно се конкурират помежду си.

Целта на „АГЕМЕРА“ е да бъдат разработени и тествани иновативни и неинвазивни геофизични методи за проучване, чрез които да се детайлизира европейската карта на CRM вкл. кобалт, боксит, литий, ванадий, ниобий, тантал и др. Планирано е новите технологии за геофизично проучване да обхванат обширна площ в шест европейски страни – Полша, Германия, Финландия, България, Испания, Босна и Херцеговина, както и в една африканска - Замбия. Тригодишният проект за научноизследователска и развойна дейност има задача да се справи с някои от най-важните проблеми на европейското снабдяване с CRM. Неговата основна цел е да повиши геоложкото разбиране на изследваните рудни райони и да подобри техните генетични модели, както и да донесе информация за CRM като основна руда или странични продукти. Проектът също така ще има за цел да повиши



обществената осведоменост за решаващата роля на CRM както в зеления преход, така и в стратегическата автономност и устойчивост на ЕС.

Насочването в проучването на минерални асоциации, вземането на проби, моделирането и геофизичните полеви изпитания са планирани в различни обекти за проучване, за да се осигури разнообразие от местоположения и минерални системи. Предварително избраните райони се намират в Босна и Херцеговина, България, Финландия, Полша, Испания и Замбия. Целите представляват орогенно Au, карстови боксити, епитермални масивни сулфиди, порфирни Cu-Au-Mo системи, системи от обемни Cu-Ag пластове и стратиформени медно-полиметални рудопроявления. Находищата, които ще бъдат изследвани, се намират в Шистовия пояс Perärohtä (Финландия), Иберийския пиритен пояс (Испания), областта Kupferschiefer (Полша), областите Панагюрище и Росен (България), областите Jajce и Posušje (Босна и Херцеговина) и замбийския меден пояс (Замбия).

Находищата от порфирен тип са основният източник за глобалното производство на Cu и Mo и могат да съдържат икономически съдържания Au, Ag, както и елементи от платиновата група (PGE). Няколко стратегически и високотехнологични елемента като Re, W, Bi, In, Te и Se могат да достигнат икономическа концентрация и да бъдат извлечени като странични продукти. За да се провери потенциалът на порфирните системи в Европа като източник на CRM, за тестова площадка беше избрано медно-порфирно находище Асарел. Тук представяме предварителни геохимични и минералохимични данни за хидротермално орудяване и метасоматични минерали в находището. Те ще са основа за по-нататъшно комбиниране с методите за гъвкаво проучване и по-добро геомоделиране на находището.

Регионално местоположение и геоложка обстановка на медно-порфирно находище Асарел

Повечето от световните икономически важни магматично-хидротермални порфирни Cu ($\pm$ Au $\pm$ Mo) и епитермални Au $\pm$ Ag $\pm$ Cu находища са генетично свързани с магмените дъги (Силитоу, 2010 и препратките там). В Югоизточна Европа къснокредният пояс Апусени-Банат-Тимок-Средногорие (ABTS) представлява най-западната дъга в алпийско-хималайската орогенна система, свързана със субдукцията на Неотетиса (Попов и др., 2002; фон Куадт и др., 2005). Тази магматична дъга се простира на дължина над 1000 км от планините Апусени в Румъния, през Сърбия и България до Черно море и след това до Иран.

Българската част от пояса ABTS е известна като зона Средногорие и представлява тектонско-магматична единица с ширина от 80 до 100 км, ориентирана изток-запад, разположена между Балканидите на север и Родопския масив на юг. Най-орудения сегмент на зоната Централно Средногорие, наричан още Панагюрски руден район (Попов и др., 2002), се състои от северозападно-югоизточна последователност от порфирни и епитермални Cu–Au находища, разположени на 60 до 90 km източно от София. Фундаментът на Централно Средногорие е с варисканска възраст. Изграден е от метаморфни скали (главно гнайси, гнайсошисти и амфиболити) с палеозойски и по-стари протолити и метаморфен отпечатък от 330-340 млн години (Каригън и др., 2005, 2006; Лазарова и др., 2015). Те са интрузирани от варискански гранитоиди и габро на 314-305 и $\approx$ 290 Ma (Каригън и др., 2006; Пейчева и фон Куадт, 2004) и интрузирани и покрити от калково-алкални магматични скали от късната креда (интрузиви/плитки интрузиви, вулканити и вулканокластики/епикластики).

В Панагюрски район са известни над 150 рудни находища и рудопроявления, състоящи се предимно от медно-порфирни и високосулфидни Cu-Au епитермални видове (Попов и др., 2012). Медно-порфирно находище Асарел е един от най-големите действащи рудници в района, с ресурси от 467 Mt руда със средно съдържание 0,32% Cu и 0,12 ppm Au (Милев и др., 2007). Рудната формация е свързана с последователното интрузиране на до-, син- и пострудни плитки магмени тела и дайки с предимно междинен състав. Идентифицирани са няколко хидротермални минерални парагенези: ранна кварц-магнетит-хематит; главна кварц-пирит-халкопирит Cu-минерална асоциация, свързана с пропицитни, серицитни и преходни серицитно-пропицитни изменения, които се срещат във вместващите скали като жилки, малки гнезда и разпръсквания; кварц-молибденитна асоциация,



свързана главно с пропилитно изменение; кварц-пиритна асоциация, локално срещаща се във вени и жилки; кварц-сфалерит-галенитова (пирит, халкопирит) асоциация, срещаща се като жилки в горните и крайните части на находището; съвкупност от супергенни изменения, съдържаща променливи количества халкоцит, ковелин, малахит и Fe-хидроксид. Специфични и редки (Cu-Au-Te и Cu-Ag-Bi-Te със Se, Pb и Zn) асоциации са описани от Петрунов и др. (1991).

Медно-порфирно находище Асарел е предизвикателство от гледна точка на минералогична и геохимична предвидимост. Това се дължи на факта, че има зони на вторично обогатяване, обширни зони на промяна със значителна аргилитна до напреднала аргилитна промяна и сложни структури, като до-, син- и пострудни разломи. Един от разломите (Миалски) измества източната част на находището и води до ексхумация на скалите от фундамента с напречни субвулкански дайки, разкривайки ги на същото ниво като вулканите в западната част.

Опробване и методи за анализ

Пробите за настоящото изследване са взети от открит рудник Асарел, от проучвателните структурни сондажи, както и от флотационната фабрика. За SEM-EDS дефиниране на основните елементи в минералите беше приложен сканиращият електронен микроскоп JEOL JSM-6610 LV в Белградския университет (Минно-геоложкия факултет). LA-ICP-MS анализите на редките елементи са извършени в Геологическия институт на БАН с помощта на NW ексиплексен лазер, свързан към DRC-e PE система. За съкращаване на данните беше приложен софтуер SILLIS (Интеграция на сигнали за лабораторни лазерни системи - Signal Integration for Laboratory Laser Systems).

Резултати и изводи

Нашите предварителни проучвания на потенциала на CRM в находище Асарел разкриват високи концентрации на няколко CRM елемента в някои руди и хидротермални минерали. В изследвания пирит съдържанието на Co е до 1000-1630 ppm, докато галенитът има концентрации на Se от 2-3 тегл.%. Молибденитът не е равномерно разпределен и е основният носител на Mo и Re, но съдържанието на последния варира от 600 до 45790 ppm. От метасоматичните минерали хидротермалният рутил концентрира микроелементи като V (110-6700 ppm), Nb (2300-4600 ppm), Ta, W и Sc; епидотите и минералите APS (алуминий-фосфат-сулфат) имат повишено съдържание на REE.

Наред с геохимичните изследвания на хидротермалните руди и хидротермалните минерали, проследихме и поведението на CRM по време на смилане и флотация при условията на прилаганата технология в „Асарел-Медет“ АД. Някои елементи следват Cu и Au до крайния концентрат, докато други се концентрират в отпадъците (напр. кобалт) или междинните продукти.

Иновациите за съвременни геофизични проучвания, които трябва да бъдат разработени и тествани в реални условия по проекта „АГЕМЕРА“ до нивото на технологична готовност, ще позволят характеризирането на подземните дълбочини с различно покритие, обем и времеви интервал. Някои от иновациите ще подкрепят активното и гъвкаво събиране на данни (сателитни дистанционни геофизични и дронни методи), докато други пасивно ще осигуряват ценна информация в по-дълъг времеви мащаб (мюография и сензорни технологии).

Благодарности: Проучването е частично подкрепено от проекта „АГЕМЕРА“ на програмата за научни изследвания и иновации „Хоризонт Европа“, grant.№ 101058178.

References

1. Carrigan, C., S. Mukasa, I. Haydoutov, K. Kolcheva. 2005. Age of Variscan magmatism from the Balkan sector of the Orogen, central Bulgaria. - *Lithos* 82:125–147



2. Carrigan, C., S. Mukasa, I. Haydoutov, K. Kolcheva. 2006. Neoproterozoic magmatism and Carboniferous high-grade metamorphism in the Sredna Gora Zone, Bulgaria: An extension of the Gondwana-derived Avalonian-Cadomian belt? - *Precambrian Research* 147, 404–416.
3. Cioacă, M.-E., M. Munteanu, E. Lynch, N. Arvanitidis, M. Bergqvist, G. Costin, D. Ivanov, V. Milu, R. Arvidsson, A. Iorga-Pavel, K. Högdahl, V. Stoilov. 2020. Mineralogical Setting of Precious Metals at the Assarel Porphyry Copper-Gold Deposit, Bulgaria, as Supporting Information for the Development of New Drill Core 3D XCT-XRF Scanning Technology. - *Minerals* 10, 946.
4. Lazarova, A., K. Nadenov, N. Petrov, V. Grozdev. 2015. Cambrian magmatism, Variscan high-grade metamorphism and imposed greenschist facies shearing in the Central Sredna Gora basement units (Bulgaria). – *Geologica Carpathica*, 66, 6, 443-454.
5. Milev, V., N. Obretenov, V. Georgiev, A. Arizanov, Zhelev, D., Bonev, I., Baltov, I., and Ivanov, V. 2007). Gold deposits in Bulgaria. Sofia: Zemina'93 Publishing House. 208 p. (in Bulgarian with English abstract)
6. Petrunov, R., P. Dragov, H. Neykov. 1991. Polyelement (with As, Sn, V, Bi, Ag, Te, Ge, Se etc..) mineralizations in the porphyry-copper deposit Assarel. – *Rev. Bulg. Geol. Society* 52, 1, 1-7. (in Bulgarian with English abstract)
7. Peytcheva, I, A. von Quadt. 2004. The Palaeozoic protoliths of Central Srednogorie, Bulgaria: records in zircons from basement rocks and Cretaceous magmatites. – *Proceed. 5th Intern. Symp. Eastern Mediterran. Geol.*, 14-20.04.2004, Thessaloniki, Greece, Vol. 1, 392-395.
8. Popov, P., T. Berza, A. Grubic, D. Ioane. 2002. Late Cretaceous Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) magmatic and metallogenic belt in the Carpathian-Balkan orogen. - *Geologica Balcanica*, 32, 2–4, 145–163.
9. Popov, P., S. Strashimirov, K. Popov, M. Kanazirski, K. Bogdanov, R. Radichev, S. Dimovski, S. Stoykov. 2012. *Geology and metallogeny of the Panagyurishte ore region*. University of Mining and Geology Press, Sofia, 227 pp. (in Bulgarian, with extended English summary).
10. Sillitoe, R. H. 2010, Porphyry copper systems, - *Econ. Geol.* 105, 1, 3–41.
11. von Quadt, A., Moritz, R., Peytcheva, I., Heinrich, C. 2005. 3: Geochronology and geodynamics of Late Cretaceous magmatism and Cu–Au mineralization in the Panagyurishte region of the Apuseni–Banat–Timok–Srednogorie belt, Bulgaria. *Ore Geology Reviews* 27 (1–4), 95–126,



ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА ЧОВЕШКАТА ДЕЙНОСТ ВЪРХУ ПОЧВИТЕ И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОСЛЕДВАЩО УПРАВЛЕНИЕ НА СЛЕДМИННИ ТЕРЕНИ

Ст. пр. инж. Велислава Паничкова, e-mail: velislava.panichkova@mgu.bg
Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“

IMPACT OF THE HUMAN ACTIVITY ON SOILS AND OPPORTUNITIES FOR SUBSEQUENT MANAGEMENT OF POST MINING TERRAINS

Sen. Lect. Eng. Velislava D. Panichkova, e-mail: velislava.panichkova@mgu.bg
University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”

РЕЗЮМЕ

Естественият облик на заобикалящата ни среда се променя съществено в резултат на човешката дейност. Увеличават се т.нар. антропогенни ландшафти, в това число и следминни терени, в които се наблюдават процеси на разрушаване и унищожаване на почвите. Тяхното възстановяване се явява важна и неотложна задача. Ефективен начин за отстраняване на последствията от отрицателното въздействие на човешката дейност върху природните комплекси и възстановяването на тяхната продуктивност се явява рекултивацията на земите. Ключови думи: антропогенни почви, агрогенни почви, урбаногенни почви, техногенни почви, рекултивация на нарушени терени.

ABSTRACT

The natural characteristics of the surrounding environment have changed significantly as a result of human activity. The so-called anthropogenic landscapes, including post mining terrains, are increasing. Process of destruction of soils is observed in these landscapes. Their restoration is an important and urgent task. Land reclamation is an effective way to remove the consequences of the negative impact of human activity on natural complexes and to restore their productivity.

Keywords: anthropogenic soils, agric soils, urbic soils, technogenic soils, reclamation of disturbed terrains.

Въведение

Почвата е основен фактор за съществуването и развитието на растителността. Тя доставя на растителните видове необходимите количества влага и хранителни вещества и осигурява на кореновите системи въздух, топлина и благоприятна физикохимична среда за нормален растеж и развитие.

България се отличава с богато разнообразие на почвената си покривка. Причината е наличието на разнородни скални, релефни, климатични и растителни условия. Изменението на факторите на почвообразуване и формирането на специфични съчетания между тях е довело до протичане на разнообразни почвени процеси и до формиране на многобройни почвени единици.

Класификация на почвите. Антропогенни почви

В базовата класификация на почвите в България - на проф. Марин Пенков и колектив от 1992 г., се съдържат 11 класа, 20 типа и 55 почвени вида. В тази класификация като основна таксономична единица е възприет почвеният тип. Той се състои от група почви, които имат сходство в строежа и морфологичните особености на профила, както и в състава, свойствата и плодородието. Почвените типове се обединяват в по-големи таксономични единици – класове. Към даден клас се отнасят



почвени типове, сходни по строеж на профила (с наличие на определени почвени хоризонти, състав, свойства и еднотипни почвени процеси). Почвеният вид е подразделение на почвения тип. Той характеризира по-конкретно реално съществуващата почва според степента на наситеност с бази, съдържанието на карбонати, цвета и др.

Продължителното въздействие на човека върху почвообразуващите фактори и пряко върху самата почва допринася за разнообразяването на почвената покривка върху територията на България. Обособява се специфичен клас почви, наречени антропогенни почви. При последната актуализация на почвената класификация на България, антропогенните почви са отделени като самостоятелен почвен клас. В базовата класификация на почвите в България антропогенните почви носят наименованието Anthrosols. Тези почви са се формирали под влияние на човешката дейност, в резултат на което са настъпили съществени промени в първоначалните им характеристики и свойства.

Разпространение на антропогенните почви

Антропогенните почви са интразонално разпространени. Роля за тяхното формиране имат различните прояви на човешката дейност. Разпространението им е свързано: с територията на земеделския фонд, с демографската структура на страната, с главните находища на енергийните и минералните ресурси, а също така и със зоните на някои химически производства. Това показва, че въпреки голямото разнообразие на антропогенните почви, биха могли да се определят териториални зони, в които преобладаващо участие има определено антропогенно въздействие със сравнително близки диагностични показатели. Антропогенните почви са разпространени в районите с интензивна човешка дейност: 1. селско стопанство; 2. урбанизирани територии и 3. индустриални райони, свързани с минерално-суровинната и енергийната промишленост.

Основното разпространение на антропогенните почви, формирани под влияние на селскостопанското използване, е съсредоточено предимно в районите с интензивно земеделие. Тези, характерни за урбанизираните райони, преобладават в населените места с голяма демографска концентрация и съответно по-активна урбанизация. Сравнително по-ясно са локализирани антропогенните почви, формирани в индустриалните райони. Тяхното разпространение е свързано с находищата на въглища, руди, инертни материали, флотационни и специфични химически производства и др. Най-големи са териториите от минерално-суровинната промишленост.

Фактори и процеси за почвообразуване на антропогенните почви

Тези почви са формирани при доминиращото въздействие на антропогенния фактор, който се проявява в две насоки: 1. антропогенизация на естествените почви и 2. образуване на „нови“ антропогенни почви и субстрати.

При антропогенизацията строежът на почвения профил на естествените почви е слабо променен. Антропогенното въздействие се проявява главно в изменение на естествения почвообразователен процес в зависимост от насоката, интензивността и продължителността на съответното въздействие. Тези почви имат „синтезиран“ характер, който се основава на комбинация от свойства. Една част от тях са присъщи по природа, а други са придобити вследствие от антропогенното въздействие. Характерна особеност на антропогенизираните почви е формирането на диагностичен антропогенен хоризонт, който може да има различна мощност и различни диагностични свойства според конкретните условия. Това е характерно за почви, подложени на селскостопанско използване, почви около промишлени предприятия със замърсяващи емисии и за градовете с по-малка интензивност на урбанизация.

„Новите“ антропогенни почви и субстрати нямат генетичен профил. Те са съставени от различни по произход, състав и свойства пластове, които се редуват произволно. В тази връзка тези почви се характеризират със специфичен диагностичен профил. Характерни са за силно урбанизираните и промишлените райони. Антропогенните почви и субстрати, формирани при различни условия, имат специфичен строеж, състав и свойства.

Основните диагностични показатели при антропогенните почви са:



- При антропогенизираните почви (агрогенни почви и обикновени урбаногенни почви) - антропогенен повърхностен или подповърхностен хоризонт (Hat);
- При „новите“ антропогенни почви и субстрати (насипни урбаногенни почви и техногенни почви и субстрати) - антропогенен диагностичен профил (Pat), който може да бъде съставен от хомогенен или хетерогенен материал. При хетерогенните насипи профилът е от типа I, II, III и т.н. или C1, C2, C3 и т.н. с различни на брой, състав и мощност насипни пластове. Антропогенният профил за пръв път се въвежда като диагностичен критерий с минимална мощност 100 cm.

Видове антропогенни почви

В базовата класификация на почвите в България клас Антропогенни почви включва един почвен тип със същото наименование, който се разделя на три вида в зависимост от конкретните прояви на човешката дейност: агрогенни, урбаногенни и техногенни почви.

Агрогенни почви (Agric - ATa)

Агрогенните почви се образуват под влияние на селскостопанското ползване на земите в райони с интензивно земеделие. Характеризират се с разместване на хоризонтите в горната част на профила в резултат от дълбока почвообработка и с образуване на диагностичен антропогенен хоризонт. Съдържанието на хумус и хранителни вещества е понижено поради интензивно ползване без компенсиращи мелиорации. В резултат на неправилно поливане и дрениране се развиват и процеси на повърхностно преовлажняване и вторично засоляване. Почвите са замърсени с минерални торове, пестициди и хербициди и др.

Урбаногенни почви (Urbic - ATu)

Урбаногенните почви са характерни за урбанизираните територии на големите селища. Степента на изменение на естествените почви зависи от големината на населеното място, интензивността на строителството, наличието на промишлени зони, интензивността на транспорта, технологиите за създаване и поддържане на зелените площи (прилагане на тежка механизация, утъпкване, неправилна система на поливане и торене и др.). От значение е интензивното косене и изнасяне на трева, събирането на листния опад, натрупването на сняг, който съдържа сол и др. При тези условия процесът на антропогенизация протича в две направления: 1. Антропогенизиране на естествените почви при запазване на генетичния морфологичен строеж на профила с формиране само на диагностичен хоризонт; 2. Образуване на насипни антропогенни почви и субстрати с формиране на антропогенен профил, изграден от слоеве с различен състав и свойства. Антропогенизираните почви в урбанизираните райони са характерни за зелените площи в по-малките населени места, а в големите градове – за по-старите паркове, за крайградските паркове и рекреационните зони. В този случай антропогенизацията се проявява само в горната част на профила и се определя чрез диагностичен антропогенен хоризонт, който по своята характеристика до голяма степен е аналогичен на агрогенните почви. Антропогенните почви са характерни за парковете, жилищните комплекси и алеите насаждения в големите градове с интензивна урбанизация. Тези почви са разнообразни, което се дължи на различния произход и състав на пластове: генетични хоризонти, строителни отпадъци и други неорганични примеси и смесени пластове с различно количество отпадъци. Тези особености в състава влияят на техните качества. С увеличаване на количеството на примесите се установяват някои тенденции: увеличават се пясъчната и скелетната фракции, влошава се структурното състояние, намалява количеството на хумуса и общия азот, понижават се микробиологичната активност на почвата, повишава се рН. В близост до булевардите почвите са замърсени с олово, цинк и кадмий, а поради употребата на луга са и вторично засолени. Антропогенните субстрати са битовите отпадъци, депонирани в крайградските зони. Те имат хетерогенен състав: органично вещество, хартия, пластмаси, стъкло и др.



Техногенни почви и субстрати (Technogenic - ATt)

Т. нар. техногенни почви и субстрати се получават като пряк резултат от открития и подземен добив на въглища, руди и инертни материали или като отпаден продукт от енергийната промишленост, флотационните и обогатителните фабрики и някои химически производства. При тях процесът на антропогенизация се проявява в направление – образуване на антропогенни почви и субстрати с хетерогенен или хомогенен състав. Специфична особеност на този вид почви е, че насипните пластове са съставени предимно от геологични материали или промишлени отпадъци.

Условното разделяне на почви и субстрати се основава на състава на насипните материали. Към антропогенните техногенни почви са включени насипите от геологични материали с различна степен на изветряне, а към антропогенните техногенни субстрати – насипите от промишлени отпадъци.

Насипите от открит добив заемат големи територии, чиито размери зависят от количеството, пространственото разположение и дълбочината на находищата на суровинните източници. Релефът им е с неравна повърхност. Съставени са от геологични материали, формиращи надвъглищните или надрудните хоризонти. Насипите от добив на въглища са съставени предимно от глини, мергели и глинести шисти, при които процесите на изветряне протичат сравнително бързо. Насипите от добив на руди съдържат предимно едър скален материал от твърди скали, които изветрят много бавно.

Насипите от подземен добив се образуват близо до подземните рудници. Разпространението им е по-ограничено. Заемат значително по-малка площ. Халдите са с конусообразен профил, дълги и стръмни склонове. Съставени са също от геологични субстрати в различна степен на изветряне. Съдържат значително количество примеси от въглища и сгурия, с което съществено се различават от насипите при открит добив. Табаните на гр. Перник са пример за такива техногенни почви.

Пепелните насипища, или сгуроотвалите, представляват стерилна маса, минала през високите температури на пещите. Съставени са от слабосвързани пепелни частици. Имат много лек механичен и богат химичен състав. Не съдържат органично вещество и азот.

Насипите от промишлени отпадъци, или хвостохранилищата, се образуват чрез насипване в сухо състояние или чрез гъсти разтвори, които след изпаряване се превръщат в еднородна, дребночастична несвързана маса. Релефът им е равнинен. Съставът им е много различен. В редица случаи те са с големи концентрации на тежки метали и различни соли, силно кисели или алкални.

Разнообразието на техногенни почви и субстрати в индустриалните райони изисква диференциран подход при конкретната им диагностика и оценка. Сравнително по-благоприятни са качествата на техногенните почви – насипите от открит добив на въглища, следвани от насипите от подземен добив на въглища и от открит добив на руди и накрая техногенните субстрати от промишлени отпадъци.

Лесорастителни свойства на антропогенните почви

Плодородието на антропогенните почви е твърде разнообразно. Към този тип се отнасят както антропогенизирани черноземи, които имат все още сравнително запазено плодородие, така и промишлени отпадъци, сгуроотвали и хвостохранилища и др. Основно мероприятие, свързано с възможността за използване на териториите с антропогенни почви, е рекултивацията. Тя представлява комплекс от различни дейности – инженерни, миннотехнически, мелиоративни, селскостопански, лесотехнически и др. Те се изпълняват с цел възстановяване на нарушени от човешката дейност територии и предоставянето им за различни видове ползвания. За да се определи начинът за рекултивиране на даден антропогенен ландшафт или в частност на даден нарушен терен, е необходимо типизиране и класифициране на тези площи съобразно вида и произхода на нарушението, необходимостта от рекултивация и икономическия ефект от провеждането ѝ. На рекултивация подлежат всички нарушени земи, както и прилежащите им земни участъци, които напълно или частично са загубили продуктивността си в резултат на отрицателното въздействие на човешката дейност върху тях.

Съгласно Наредба №26 за рекултивация на нарушени терени, подобряване на слабопродуктивни земи, отнемане и оползотворяване на хумусния пласт, рекултивацията на земите представлява двуетапен процес. Техническата рекултивация се провежда след прекратяване на миннотехническите дейности и



се състои в подравняване, укрепване и включване на нарушените терени по подходящ начин към релефа на околния ландшафт, неутрализиране или закриване на вредните субстрати под слой плодородна или неутрална почва. Биологичната рекултивация се изразява в подготовка и мелиорация на терените за настаняване и отглеждане на определена растителност върху тях.



Техническа и биологична рекултивация на нарушени терени в района на рудник „Медет“

В зависимост от конкретните условия и на базата на еколого-икономическа оценка, рекултивацията може да бъде насочена в няколко направления: биологична (агробιολογична и лесοбиολογична), за строителство, създаване на водоеми при наличие на дълбоки котловини и естествени водоизточници и др. Основно направление от стопанска гледна точка е биологичната рекултивация, която при наличие на потенциално плодородни почви и геологични субстрати и възможност за повърхностно насипване с почва, се насочва към селскостопанско използване. В останалите случаи се насочва към създаване на горски култури с различно предназначение и за рекреация. При усвояването на антропогенни почви, особено за селскостопанско използване, са необходими интензивни мероприятия за подобряване на тяхното плодородие. Задължително изискване е да се определят качествата не само на повърхностния слой (20-30 cm), а и на намиращите се под него пластове, особено по отношение на съдържание на вредни вещества. Това ще даде възможност да се определи съставът на бъдещите култури и технологията на тяхното отглеждане.

Предварителната работа по биологичната рекултивация има следните главни направления: 1. Проучване на почвеното плодородие; 2. Определяне на подходяща за дадените условия растителност; 3. Установяване на необходимите агротехнически мероприятия, свързани с настаняването и отглеждането на растителността. На основата на проучването на почвените и климатичните условия, на разстоянието на обекта от промишлени влияния, на характера на терена и т.н. се решава за какви нужди ще се рекултивират нарушените терени – паркови, лесовъдски, лесопаркови, селскостопански, градоустройствени и др. За селскостопански нужди може да се препоръчат само ограничени площи. За условията на нашата страна се предлагат направления на рекултивация основно с лесовъдска, паркова или лесопаркова насоченост.



Резултатите от изследвания на наши и чужди автори показват, че съществува възможност за култивиране на определена растителност върху промишлените субстрати след провеждане на някои мероприятия за ускоряване на почвообразователния процес и за подобряване на хранителния им режим чрез торене или други агротехнически мероприятия. В провеждането на тези мероприятия важна роля играе и подборът на тревната, дървесната и храстовата растителност.

Изследванията върху подбора на подходяща за горското стопанство и парковото строителство растителност се извършва в две насоки: 1. Подбор на подходяща тревна растителност за ливаден тип тревни площи, за равнинни терени, за откоси, за бедни почвени субстрати, за засолен или съдържащи вредни вещества субстрати и др.; 2. Избор на подходяща дървесна и храстова растителност.

Проучванията върху видовия състав на тревите са насочени към установяване на видове, подходящи за укрепване на откоси, за покриване с тревен чим на вредни материали или за предотвратяване на запращаването. Препоръчват се видове, развиващи се в житно-ефемерния и коренищно-бобовия стадий на естественото затревяване, а при провеждането на по-сериозни мелиоративни мероприятия при създаването на паркови и тревни площи се препоръчват следните тревни видове: видове от род *Poa* (ливадина) - *Poa annua* L. (едногодишна ливадина), *Poa compressa* L. (сплескана ливадина), *Poa silvicola* Guss. (горска ливадина); видове от род *Bromus* (овсига) - *Bromus arvensis* L. (полска овсига), *Bromus ramosus* L. (разклонена овсига); видове от род *Festuca* (власатка) - *Festuca pseudovina* Hack., *Festuca pratensis* Huds. (ливадна власатка) и др. За създаване на тревни площи от ливаден тип, наред с някои от посочените видове, може да се използват и: *Achillea millefolium* L. (бял равнец), *Lotus corniculatus* L. (обикновен звездан), *Medicago lupulina* L. (хмелна люцерна), *Melilotus officinalis* L. (лечебна комунига), *Trifolium pratense* L. (червена детелина) и др.

Проучванията върху състава на дървесните и храстовите видове при създаването на зелени площи върху промишлени насипи заемат по-голямо място в изследванията и при разработването на методите за рекултивация. При използването на горска растителност съществуват две направления: 1. Използване на пионерна растителност, която след определен период от време трябва да бъде подменена с трайни насаждения; 2. Директно внасяне на растителността, определена за целта на използването на терена. У нас се прилагат и двете направления, като голямо внимание се отделя на устойчивостта на дървесно-храстовата растителност. Препоръчват се видове като: бяла акация, бяла бреза, американски ясен, мъждрян, червен американски дъб. За разширяване на видовото разнообразие и за постигане на по-бърз ефект се препоръчват още: *Acer tataricum* L. (мекиш, татарски клен); видове от род *Alnus* (елша) - *Alnus glutinosa* Garten. (черна елша), *Alnus incana* Moench. (бяла елша); *Caragana arborescens* Lam. (жълта акация); *Carpinus betulus* L. (обикновен габър); *Eleagnus angustifolia* L. (миризлива върба); видове от род *Fraxinus* (ясен) - *Fraxinus excelsior* L. (планински ясен), *Fraxinus ornus* L. (мъждрян); *Hippophae rhamnoides* L. (ракитник); *Juniperus virginiana* L. (вирджинска хвойна); *Pinus nigra* Arnold (черен бор); *Platanus acerifolia* Wild. (яворолистен платан); видове от род *Populus* (топола) - *Populus euroamericana* Dode. (евроамериканска топола, хибридна топола), *Populus tremula* L. (трепетлика); *Ribes alpinum* L. (алпийско френско грозде); *Salix caprea* L. (ива); *Sorbus aucuparia* L. (офика); *Salix alba* L. (бяла върба); *Tilia argentea* Dest. (сребролистна липа); видове от род *Quercus* (дъб) - *Quercus robur* L. (обикновен дъб, летен дъб), *Quercus cerris* L. (цер), *Quercus rubra* L. (червен дъб), *Robinia pseudoacacia* L. (бяла акация) и др.

Освен по устойчивост подборът на дървесно-храстовата растителност трябва да се извършва и в съответствие с особеностите на ландшафта и горскорастителните зони, пояси и райони. Флората на България е достатъчно богата, за да може с използването на местни видове да се формира специфичен облик при озеленяването на естествени природни обекти, на градски пространства и при създаването на горски култури и места за отдих върху рекултивирани промишлени насипи и деградирани терени.

Заклучение

Развитието на селското стопанство, промишлеността и обществото оказва силно антропогенно въздействие върху околната среда. Влиянието на човешката дейност върху земите и почвите е



значително, продължително и непрекъснато. Почвите са важна съставна част на естествените и изкуствените екосистеми, на ландшафтите и защитените територии. Антропогенната дейност въздейства отрицателно върху промишлените терени, почвите и поземлените ресурси и се изразява в намаляване или прекратяване на основните им функции. Проблемите по опазване и възстановяване на почвите се отнасят до опазването им от разрушаване, унищожаване и замърсяване.

Основната задача при възстановяването на земите, нарушени от човешката дейност, и в частност от минерално-суровинния отрасъл, включва възстановяване на почвеното плодородие и възвръщане на нарушените земи за използване чрез създаване на екологично балансирана система. Рекултивацията е един от най-радикалните и успешни методи за възстановяване и подобряване на нарушените и замърсените терени и за възвръщането им в пълноценния поземлен фонд.

Използвана литература

1. Банов, М., Маринова, С., Павлов, П. 2016. Ръководство: Технологични решения за рекултивация на нарушени земи и почви. Издателска къща „Св. Иван Рилски“, София, ISBN 978-954-353-314-5.
2. Богданов, С. 2023. Ръководство за упражнения по горско почвознание. Издателска къща при ЛТУ, София, ISBN 978-954-332-193-3.
3. Калинков, В., Павлов, Д. 1993. Ботаника. Изд. Мартилен, София.
4. Малинова, Л. 2010. Почвознание и замърсяване на почвите. Издателска къща при ЛТУ, София, ISBN 978-954-332-070-7.
5. Наредба №26 за рекултивация на нарушени терени, подобряване на слабопродуктивни земи, отнемане и оползотворяване на хумусния пласт/Обн. ДВ. Бр. 89 от 22 октомври 1996 г., изм. ДВ. Бр. 30 от 22 март 2002 г.
6. Николова, К., Ангелов, Ан. 2014. Учебно помагало „Екология и опазване на околната среда“. МГУ „Св. Иван Рилски“, София.
7. Павлов, П. 2018. Въздействие на минералносуровинния отрасъл върху земите и почвите. Последващо устойчиво управление. Минно дело и геология, бр. 3, с. 19-23, ISSN 0861 – 5713.
8. Павлов, П., Банов, М. 2016. Нарушения на почвената покривка от промишлени и минни дейности и методи за възстановяване. Издателска къща „Св. Иван Рилски“, София, ISBN 978-954-353-304-6.
9. Пенков, М., Донов, В., Бояджиев, Т., Андонов, Т., Нинов, Н., Йолевски, М., Андонов, Г., Генчева, Св. 1992. Класификация и диагностика на почвите в България във връзка със земеразделянето. Издателство „Земиздат“. София.
10. Петрова, Р. 2016. Почвознание. Издателска къща „Св. Иван Рилски“, София, ISBN 978-954-353-293-3.
11. Петрова, Р., Тотев, Л., Павлов, П., Анисимова, С. 2017. Рекултивация на терени, нарушени от добива и преработката на полезни изкопаеми. Издателска къща „Св. Иван Рилски“, София, ISBN 978-954-353-317-6.
12. Banov, M., Tsoleva, V., Ivanov, P., Hristova, M. 2010. Anthropogenically Disturbed Soils and Methods for Their Reclamation. Agricultural Science and Technology, vol. 2, №1, p. 33-39.
13. FAO, 2006. Guidelines for Soil Description. Fourth Edition. Rome.



ХВОСТОХРАНИЛИЩАТА И ОКОЛНАТА СРЕДА

Инж. Людмила Шаркова – Енергоексперт АД

Инж. Николай Николов – Енергоексперт АД

1. Опит в проектирането на хвостохранилища

Фирма Енергоексперт АД е една от водещите фирми при проектиране на хвостохранилища в България. Част от съоръженията, които сме проектирали са:

- Хвостохранилище Челопеч – Дънди Прешъс Метълс Челопеч АД;
- Депо за фаялит – Аурубис България АД;
- Утаителен басейн „Падина“ – Солвей Соди АД
- Хвостохранилище Лъки-2 – Лъки Инвест АД
- Депо за фосфогипс – Агрополихим АД
- Депо за неопасни отпадъци – Топлофикация Сливен ЕАД;
- Хвостохранилище Голям Буковец – България Флуорид ЕООД
- Сгуроотвал – ТЕЦ „Русе-Изток“
- и други

2. Хвостохранилище (отпадъкохранилище)

Съгласно международната дефиниция, хвостохранилището е съоръжение, в което се депонират отпадни продукти от различни индустрии, като минната, химическата, енергийната и т.н.

В България, в зависимост от индустрията, която генерира отпадния продукт, се използват различни наименования, за един и същи тип хидротехнически съоръжения. Наименованията са: хвостохранилище, депо, шламохранилище, сгуроотвал, утаителен басейн и т.н. Понякога дори отпадъчният продукт да се произвежда от една е съща индустрия, например минната, в зависимост в кой етап на преработка на суровината се създава той (първична или вторична), терминът за съоръжението, в което се съхранява е различен.

Жизненият цикъл на отпадъкохранилищата премива през фазите:

- Проучване и планиране;
- Проектиране;
- Строителство;
- Експлоатация;
- Извеждане от експлоатация;;
- Рекултивация;
- Следексплоатационни грижи.

В настоящето, главната цел на инженерите и учените в света, е да полагат усилия да предпазват и дълготрайно да подобряват условията на околната среда, като намаляват рисковете за човешките безопасност и здраве, и да опазват на качеството на околната среда.

И докато при съоръжения, които в момента се проектират и експлоатират това е изпълнима задача, много голямо предизвикателство представлява постигането на тази цел по отношение на отдавна затворените и изоставените съоръжения и привеждането им безопасно състояние по отношение на околната среда.

3. Влияние на хвостохранилищата върху компонентите на околната среда

Съгласно Бюлетин № 103 на Международната комисия по големите язовири (ICOLD) определението за негативно влияние на хвостохранилищата и съхраняваните в тях отпадъци върху компонентите на околната среда е: *„всяко отрицателно въздействие върху човека, животните, растенията и техните местообитания, причинено от обезвреждането и разпространението на минни или промишлени отпадъци“*.

Компонентите на околната среда, съгласно Бюлетин № 103, върху които най-често хвостохранилищата оказват негативно влияние са:

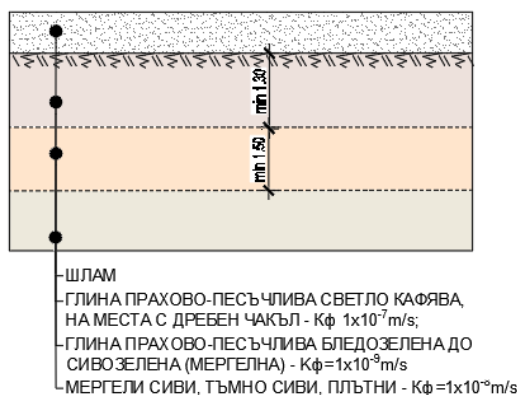
- качеството на повърхностните води
- качеството на подземните води
- качеството на атмосферния въздух
- други аспекти на околната: археологическата, културната или социално-икономическата среда, фауната, флората и дивата природа
- рехабилитацията и залесяването/затревяване на повърхностите от отпадъци - рекултивация.

4. Примери за проектни решения за защита на компоненти на околната среда

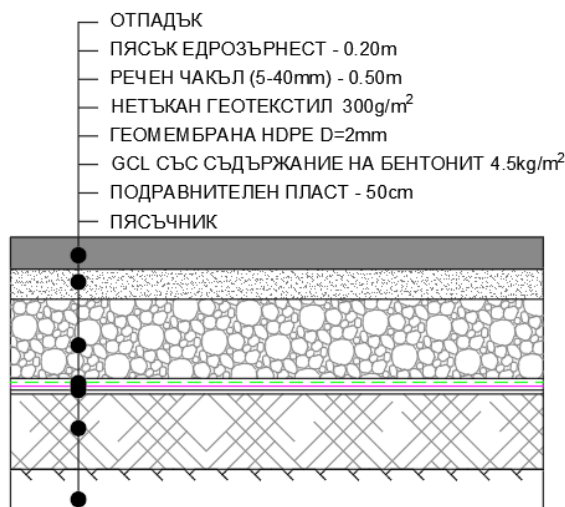
От изброените компонентите на околната среда, в следващите няколко примера са представени реални решения от проектантската ни практика за защита на два от компонентите на околната среда, изброени по-горе, а именно: защита на подземните води и рекултивация на отпадъкохранилища. Всички съоръжения, показани в примерите са за депониране на отпадъци от различни сектори на минералната промишленост, но при всички отпадъкът е охарактеризиран като „неопасен“.

4.1. Защита на подземните води

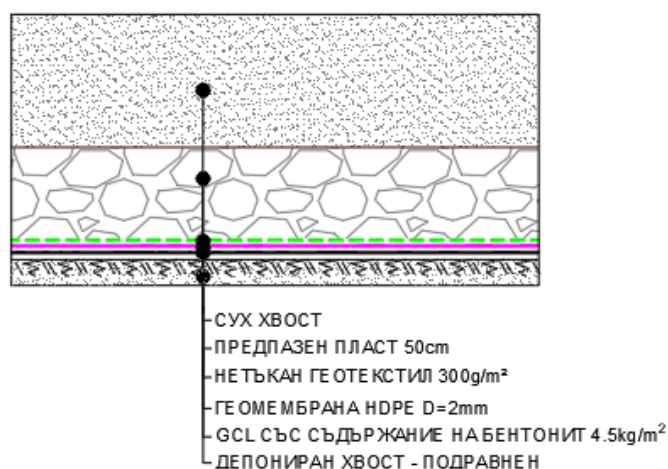
Защитата на подземните води се осъществява, чрез осигуряването на непропусклива бариера между подземните води и депонираният отпадък.



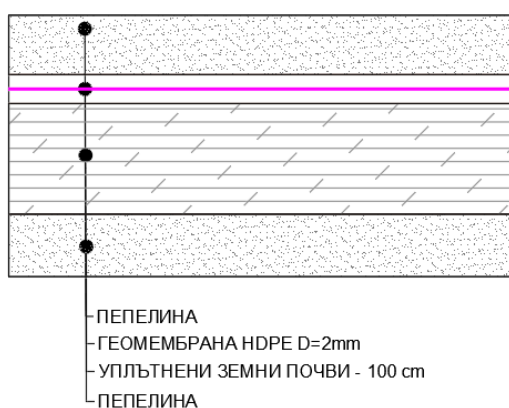
Фигура №1 – Дено за неопасни отпадъци от химическа промишленост (утаителен басейн). Естествена защита без необходимост от допълнителни мерки



Фигура №2 – Дено за неопасни отпадъци от химическа промишленост. Долен изолиращ екран, съставен от: подравнителен земен пласт, GCL, геомембрана, геотекстил, чакъл и пясък



Фигура №3 – Надграждане на хвостохранилище. Долен изолиращ екран, съставен от: GCL, геомембрана, геотекстил, предпазен пласт



Фигура №4 – Надграждане на депо за неопасни отпадъци от производство от ТЕЦ (Сгуроотвал). Долен изолиращ екран, съставен от: уплътнени земни почви и геомембрана

На фигури от № 1 до №4 са показани различни варианти за осигуряване на защитен пласт, разделящ отпадъците от подземните води. Детайлите са подбрани, така че да покажат различни конструкции на долен изолиращ екран.

На фигури №1 и №2 са показани примери за депа за неопасни отпадъци от химическата промишленост, които са проектирани съгласно изискванията на Наредба № 6 от 27 август 2013 г. за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци [1].

На фигура №1 пластовете изграждащи геоложката основа, върху която се изгражда съоръжението, отговарят на нормативните изисквания за дебелина на пластовете и минимален коефициент на филтрация и няма нужда от допълнително подобряване на основата. При съоръжението от фигура №2, геоложката основата на съоръжението не отговаря на нормативните изисквания и е проектиран долен изолиращ екран, с който се изпълняват нормативните изисквания.

При примерите, показани на фигури №3 и №4, двете съоръжения при проектирането си подлежат на изискванията на различни нормативни документи. При проектирането на хвостохранилището, се спазват изискванията на Наредба за специфичните изисквания за управление на минните отпадъци и Закона за подземните богатства, а при проектирането на сгуроотвала, се спазват изискванията на Наредба № 6 от 27 август 2013 г. [1]. Двете съоръжения са в експлоатация и нямат изградени долни

изолиращи екрани в основите си. Интересното е, че при последните проекти за надграждане и двете съоръжения има предписания, че е необходимо да се проектират долни изолиращи екрани, конструкциите на които са представени на фигурите.

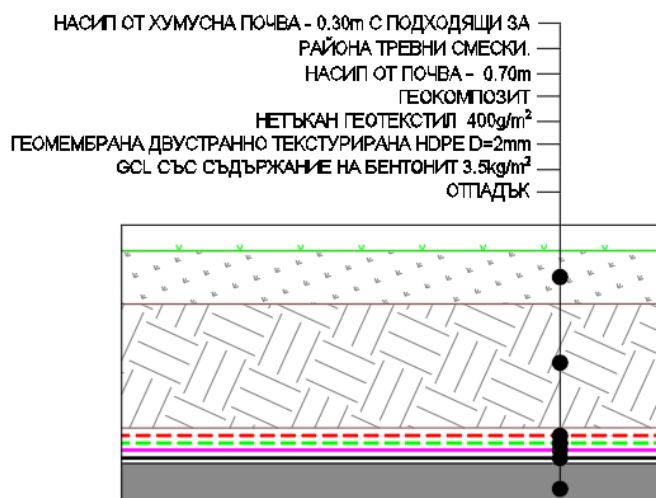
4.2. Рекултивация на отпадъкохранилища

Рекултивацията е комплекс от инженерни, мелиоративни, селскостопански, горскостопански и други дейности, изпълнението на които води до възстановяване на нарушените терени и до подобряване на ландшафта.

С рекултивацията на съоръженията за депониране на отпадъци, се предприемат мерки, те да не оказват в бъдеще негативно влияние върху компонентите на околната среда.

На Фигури от №5 до №8 за представени различни конструкции на горен изолиращ екран. При повечето депа за неопасни отпадъци, предписанието е рекултивационният пласт да е съставен от 1 m почвен пласт. Пропорцията на дебелината на пласта от почвата с органично съдържание към дебелината на останалия пласт от другата почва е различна. В много части на страната осигуряването на почвен слой с дебелина 1 m и то за толкова големи по площ съоръжения е голямо предизвикателство.

На фигура №6 е показан вариант за заместване на част от пласта от почва с пласт от GCL, но при този вариант е необходимо да се подберат тревни смеси, кореновата система на които няма да повреди геоматериала.



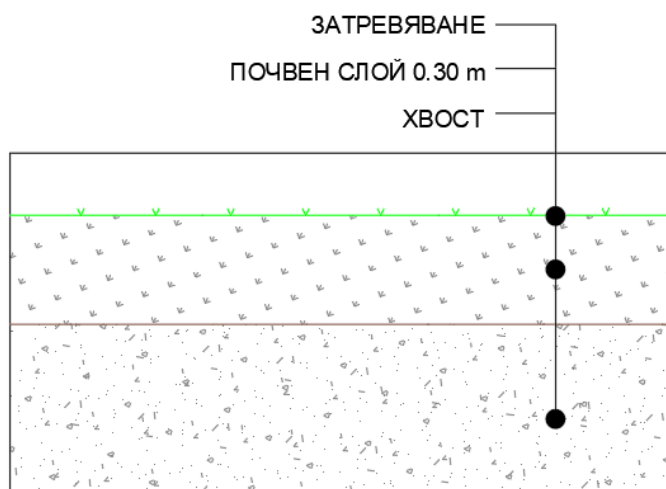
Фигура №5 – Рекултивация на депо за неопасни отпадъци от химическата повърхност. Горен изолиращ екран, съставен от: GCL, геомембрана, геотекстил, геокомпозит, почва, насип от хумусна почва



Фигура №6 – Рекултивация на депо за неопасни отпадъци от химическата повърхност. Горен изолиращ екран, съставен от: земни почви и GCL



Фигура №7 – Рекултивация на депо за неопасни отпадъци от производство от ТЕЦ (Сгуроотвал). Горен изолиращ екран, съставен от два пласта почва



Фигура №8 – Рекултивация на хвостохранилище. Горен изолиращ екран, съставен от един пласт почва

При примера на Фигура №8 се вижда, че при конкретната рекултивация на хвостохранилище са спазени изискванията на Наредба №26 за рекултивация на нарушени терени, подобряване на слабопродуктивни земи, отнемане и оползотворяване на хумусния пласт, чл.9, ал. 1 и върху хвоста е положен почвен пласт от 30cm.

5. Заключение

Отпадъкохранилищата винаги оказват въздействие върху околната среда. Главна задача на всички свързани с тях страни – инженери, учени, собственици, контролни органи и т.н., е да се направи така, че негативните въздействия върху компонентите на околната среда, във всеки един етап от жизнения цикъл на съоръженията, да се сведат до минимум.

Използвана литература:

1. Bulletin 103. Tailings Dam and environment, ICOLD 1996 г.
2. Проекти на фирма Енергоексперт АД



3. Наредба № 6 от 27 август 2013 г. За условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци
4. Закон за опазване на подземните богатства;
5. Наредба за специфичните изисквания за управление на минните отпадъци
6. Наредба №26 за рекултивация на нарушени терени, подобряване на слабопродуктивни земи, отнемане и оползотворяване на хумусния пласт;



УПРАВЛЕНИЕ НА МИННИ ОТПАДЪЦИ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ „РУДОЗЕМ - 2“ КЪМ „ВЪРБА-БАТАНЦИ“ АД – КОНТРОЛНИ И МОНИТОРИНГОВИ ПРОЦЕДУРИ

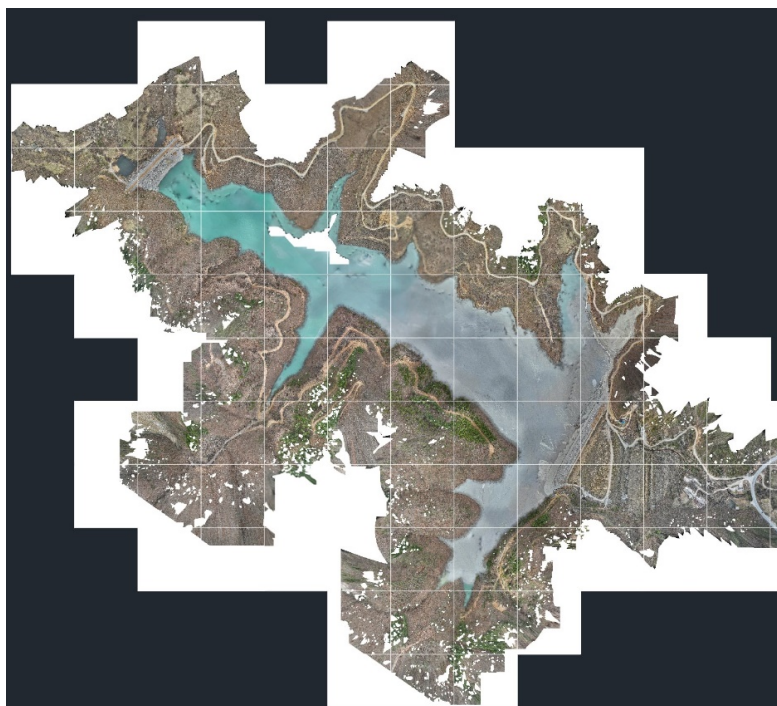
Десислава Атанасова-Венкова¹

¹ Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, гр. София, България,
dessislava.atanassova@abv.bg

ORE WASTE MANAGEMENT AT "RUDOZEM - 2" DEPOT TO "VARBA-BATANSI" AD - CONTROL AND MONITORING PROCEDURES

Desislava Atanasova-Venkova¹

¹University of Mining and Geology is "St. Ivan Rilski", Sofia, Bulgaria, dessislava.atanassova@abv.bg



Фиг. 1

ABSTRACT

The main purpose of the tailings storage facility is to protect the environment by safely and permanently disposing of production waste/tailings and ensuring the necessary wastewater treatment, without allowing contamination of the soil, surface and groundwater. The purification effect of the tailings pond is expressed in the deposition of particles by precipitation of the solid fraction and the degradation of cyanides by their oxidation. For more than 30 years, the facility has been operated safely, sustainably and without a single registered accident. During this period, the operation of the tailings storage facility was not suspended. Until now, no phenomena and tendencies have been established to disturb the stability of the stingrays. The analysis of the data on the condition of the partition wall leads to the conclusion that it is in good condition and fulfills its purpose without danger of accidents.

Въведение

„Хвостохранилище Рудозем – 2“ е разположено в коритото на р. Малка река изведена с отбивен тунел и заустваща в р. Арда. Обектът се намира на около 2 km северно от центъра на гр. Рудозем, на 300 m



северозападно от предприятие за козметични продукти „Рубела“ и на 300 m югозападно от кв. Възраждане. Терените контактуващи с хвостохранилището в посоки запад, север и юг са ДГФ, а тези на изток попадат в ЗРП на гр. Рудозем (Фиг. 1). Хвостохранилище „Рудозем-2“ е в строителство от 1982 г. въведено в експлоатация през май 1990 г. Чашата на „Хвостохранилище Рудозем-2“ се ограничава от долна преградна стена (ДПС) и горна преградна стена (ГПС), като разстоянието между двете стени е 1450 m. Площта на водосбора при ГПС е $F=7 \text{ km}^2$, а между ДПС и ГПС е 2.6 km. Избистрените води се отвеждат от чашата на хвостохранилището чрез скатни преливници №2, №3, №4, заустващи в колектор. Отвеждането на атмосферните води, съгласно проекта се осъществява с отбивен тунел при р. Малка река с дължина 2242 m. и $F=10 \text{ m}^2$. Проектният капацитет на хвостохранилището е 56 611 500 т или $34\,310\,000 \text{ m}^3$ отпадък. [2].

Общи сведения за техническите характеристики на „Хвостохранилище Рудозем – 2“-съоръжения и метод на експлоатация

- Долна преградна стена (ДПС)

Съгласно типовия напречен профил ДПС съдържа основна стена, на която се извършват изследвания на хоризонтални и вертикални деформации, нивото на депресионната повърхнина, филтрация и визуални наблюдения. За визуалните наблюдения се води дневник, в който се вписват състояние на стената, състояние на съоръжението за измерване на филтрационните води и скатните канали. Хвостохранилището е от наливен тип. Стените са каменни - насипни с глинено ядро. Изградени са от руднична баластра. Кота корона на основна стена – 745,0 m с дължина 280 m. Екранът е от баластра по водния откос. Дебелината на баластровия слой при короната е 4 m, а при основата 12 m. В района на речното корито е изграден дренажен тюфлек от речна баластра с дължина 70 m и шир. 20 m в предния му край и 33 m при спрягането му с водния откос на стената. Дебелината му е от 2 до 3,5 m с наклон към хвостохранилището 2 % . Кота плаж при ДПС е 745,0.

За извеждане на филтрационните води от ДПС е изградена дренажна система, която се състои от:

- Водоприемен дренажен колектор с дължина 65,5 m, изграден върху бетонова подложка в дренажния тюфлек пред водния откос на основната стена и зауства в стоманобетонна шахта.
- Дренажен колектор № 1 – PVC тръба, разположен под дренажната престилка от речна баластра по водната пета на стената.
- Дренажен колектор № 2 – PVC тръба, трасиран в надлъжната ос на основната стена
- Отвеждащ напречен колектор – PVC тръба за отвеждане на дренажните води извън основната стена до устройството за измерване на дебита.

- Горна преградна стена (ГПС)

Горна преградна стена е от язовирен тип. Конструкцията ѝ включва вертикално глинено ядро и опорни призми от руднична баластра. Скатови канали отвеждат избистрени и високи води от чашата на хвостохранилището, чрез IV-ри скатов канал, разположен на левия бряг, в непосредствена близост до ГПС (горна преградна стена). Трасето на скатовия преливник започва от основния колектор на кота 741,62 за IV скатов канал, III – 741,95, II – 742,13 и аварийен преливник на кота 744,13. При високи води последователно започват да функционират III-ти и II-ри скатови канали, като техните коти на преливане нарастват в посока от горна към долна преградна стена. При необичайно голямо количество валежи и при невъзможност на скатовите канали да поемат високите води, в експлоатация влиза аварийния преливник, който се намира на 280 метра преди ДПС. Аварийният преливник представлява железобетонен канал с размери $2 \times 2 \text{ m}$ и е оразмерен да поеме водно количество $Q = 33 \text{ m}^3/\text{сек}$ При нормални условия на работа, котата на отвора ще надвишава котата на езерото с $h = 0,2 - 0,5 \text{ m}$, особено внимание се обръща на затварянето на капачите на аварийния преливник. Времето и котата на затварянето им, както и дължината на свободния отвор зависи от котата и темпа на запълване на хвостохранилището, респективно котата на езерото и от очакваните високи води.

- Утаечно езеро

Стриктно се следи за избистрянето на водите в утаечното езеро и чрез постепенно надграждане на скатовите канали се постига преливане на тънък воден пласт избистрени води.



- Контролно измерителна система (КИС)

Представява опорна мрежа за изследването на деформациите, пиезометричното ниво и извършване на пробонабиране. Контролира се слягането на ДПС и хоризонталните измествания. Мрежата включва наблюдателни стълбове и геодезически марки. В плажа са заложени 2 реда пиезометри, а по сухия откос на стената 4 реда. За съпоставимост на резултатите от отделните анализи пробите се взимат от определени постоянни места. Като такива са определени точките на 1 m. в ляво от пиезометрите.

- Филтрация

Количеството на дренажните води се измерва два пъти седмично, като периодично се прави химически анализ за съдържание на цианиди в тях. Водното количество се измерва с триъгълен преливник "King", а химическия анализ за съдържание на цианиди и неразтворени вещества се извършва в химическата лаборатория на фабриката

- Пречиствателен ефект

Същия се контролира във ведомствената лаборатория към РОФ по отношение съдържанието на цианиди и неразтворени вещества и периодически от РИОСВ -Смолян. Съдържанието на цианиди във ведомствената лаборатория се измерва един път седмично в три точки. Резултатите се водят в „Протокол за измерване съдържанието на цианиди“ по точки за пробонабиране.

На фиг. 2 и фиг.3 са показани Горна и Долна преградни стени на „Хвостохранилище Рудозем-2“ [2].



Фиг.2 Надгравдане на ДПС



Фиг.3 Горна преградна стена

Състояние на земната повърхност, засегната от съоръжението за минни отпадъци



Фиг.4

Основното предназначение на хвостохранилището е опазване на околната среда, като се изпълнява безопасно и трайно депониране на промишления отпадък /хвост/ и се осигурява необходимото избистряне на отпадъчните води, без да се допуска замърсяване на почвите,



повърхностните и подземни води. Пречиствателният ефект на хвостохранилището се изразява в отлагане на частици чрез утаяване на твърдата фракция и разграждане на цианидите чрез окисляването им. Остатъчното съдържание на натриев цианид в отпадъчния хвост при продължителното престояване на отпадъчните води в хвостохранилището, претърпява процес на естествена деструкция, което се оказва напълно достатъчно за разграждане на цианидите. Повече от 30 г. съоръжението се експлоатира безопасно, устойчиво и без нито една регистрирана авария. За този период работата на хвостохранилището не е преустановявана. До сега не са установени явления и тенденции за нарушаване стабилността на скатовите. Анализът на данните за състоянието на преградната стена води до заключението, че същата е в добро състояние и изпълнява предназначението си без опасност от аварии. [2].

Категория на съоръжението

Съгласно изискванията на чл.22б, ал.1 от Закона за подземните богатства /ЗПБ/, минният отпадък е класифициран по реда на Наредбата за управление на минните отпадъци, според степента на риска за околната среда и/или човешкото здраве въз основа на качествената им характеристика и състав. Отпадъкът е неопасен неинертен материал и не представлява опасност за околната среда и/или човешкото здраве. Съоръжението за минни отпадъци е стабилно, изградено е по проект, поддържа се и е обезопасено откъм нарушаване на целостта му, причинена както от загуба на строителна цялостност, така и от неправилна експлоатация. Минните отпадъци могат да бъдат задържани в границите на съоръжението по начина, предвиден при проектирането, изграждането и експлоатацията на съоръжението. Не се очакват изменения на депонирания в съоръжението материал в краткосрочен и дългосрочен план. В годишните технически проекти се залагат и се изпълняват ефективно мерки по опазване на околната среда. В началото на всяка календарна година се дава отчет за изпълнение на мерките, заложиени за предходната година. Стабилитетът на откосите на долна преградна стена е определен в съответствие с българските норми за проектиране на насипни язовирни стени. Изследван е критичен надлъжен профил, минаващ по прокараната ос в ситуация, където височината на стената е най-голяма.

Съоръжението се класифицира като категория „Б“ по Условие 1, според степента на опасност и риска за околната среда и човешкото здраве, съгласно чл. 22б, ал. 2 от ЗПБ. [2].

Резултати и анализ на наличните наблюдения и измервания с КИС

Началник ВОС осигурява безаварийна работа на всички съоръжения, предписанията за експлоатацията на обекта и обслужващите го съоръжения. Същият контролира провеждането на системните наблюдения и анализи свързани с експлоатацията на хвостохранилището. Данните от измерванията и анализите се вписват в съответните формуляри съгласно настоящата инструкция за водене на наблюденията и опробванията на „Хвостохранилище Рудозем – 2“. Един път месечно и след проливни дъждове н-к ВОС лично оглежда всички съоръжения, пътища и инсталации обслужващи хвостохранилището, като изготвя опис за тяхното състояние. *Обекти за наблюдение:* преградни стени, хвостопроводи, отбивен тунел, аварийен преливник, тунел на аварийния преливник, КИС - скатови преливници, дренажна система, пречиствателна способност [2].

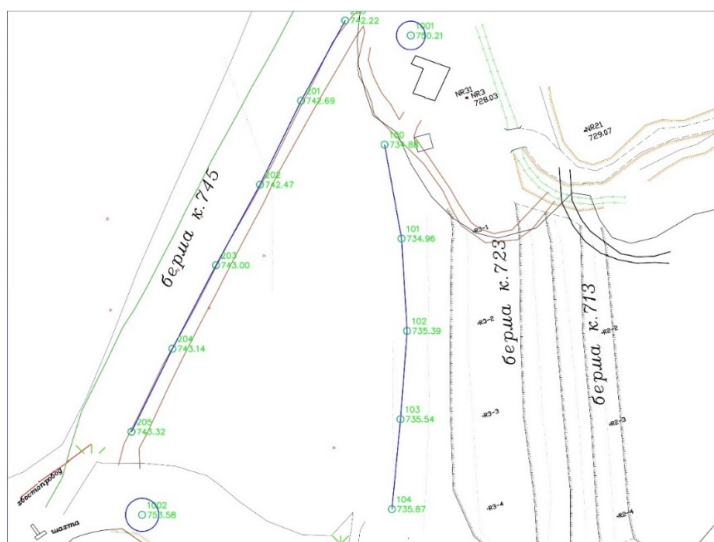
За установяване състоянието на всички съоръжения, контролиране технологията на наливане и правилното функциониране на хвостохранилището, н-к ВОС организира системни наблюдения и опробвания за:

- хоризонтални деформации, вертикални деформации;
- положение на депресионната крива;
- количество на дренажните води;
- количество на пулпа;
- характеристика на постъпващия пулп;
- положение на намития хвост;
- съдържание на цианиди и неразтворени вещества на колекторните води;

- физико-механични показатели на намития хвост;
- филтрация и суфозия.

Деформациите се проследяват от маркшайдер на "Горубсо-Мадан" АД минимум един път на три месеца. Резултатите се отбелязват във формуляра съответно за вертикални и хоризонтални деформации. контролира се и степента на износване и изправността на хвостопроводите. Съществен елемент при експлоатацията и поддържането на хвостохранилищата е изследването на деформационните изменения на стената. От нейната устойчивост зависи надеждната и безопасна експлоатация на съоръжението, както и безопасните условия за околните населени места и природата. В езерото се получава и частично химическо пречистване на водите в резултат на протичащите окислително-редукционни процеси и частично биохимическо пречистване.

Възможностите на съвременните геодезически инструменти осигуряват определяне на пространственото положение на наблюдавани точки чрез едновременно измерване на ъгли и дължини. При подходящо взаимно разположение на изходни и наблюдавани точки е удачно приложението на метода на ъглово-линейната мрежа. За конкретния случай се предлага неговото използване, тъй като дава най-добри резултати при оценка на точността на определените координати на контролните точки, в сравнение с други геодезически методи [3]. За наблюдавания обект са стабилизирани два нови наблюдателни стълба (1001 и 1002) (фиг.5). Наблюдателната станция включва шест наблюдавани точки на короната на стената (к.745) и пет – на средната берма (к.723). Включени са още и четири наблюдавани точки (на к.713), както и четири наблюдателни стълба от старата наблюдателна станция на най-долната берма.



Фиг. 5

След изграждане на новата наблюдателна станция са извършени две начални независими измервания за координиране в хоризонталната равнина на наблюдаваните точки (фиг.4, фиг. 5).

Осреднените резултати от тях са взети за изходни координати на контролните точки. Координатите, получени от всяко следващо измерване, са сравнявани с тях, както и с резултатите от всяко предходно измерване. До момента са извършени 10 измервания за период от 12 месеца. Всяка една от контролните точки е измервана двустранно (от 1001 и 1002) в 2 гируса. Във вертикално отношение контролните точки са определяни чрез геометрична нивелация. [1].

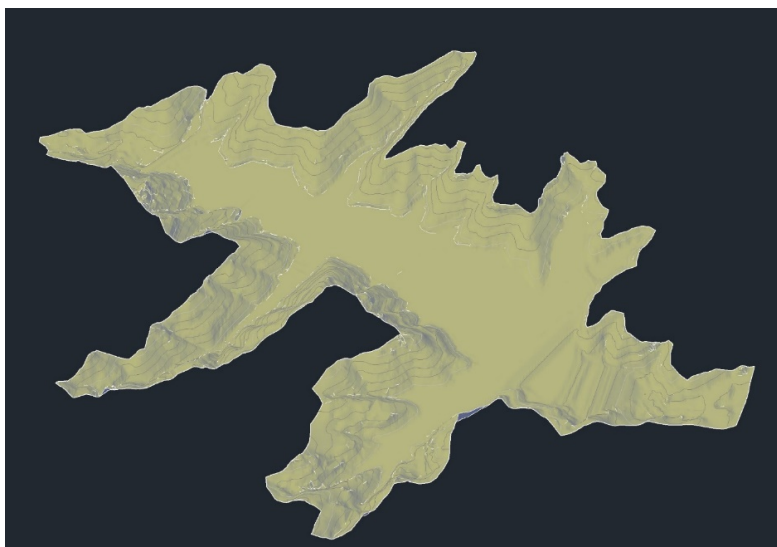
Методът на измерване чрез ъглово-линейна мрежа позволява надежден и издържан начин за хоризонтално определяне на изследваните точки по бермите на съоръжението [3]. Изчисляването на координатите им и последващото изчислително и графично представяне дават солидна информация за състоянието и скоростта на движение на векторите на преместване [4]. На база определените хоризонтални разстояния между реперите (в успоредна, и в перпендикулярна на стената, посока) в

отделните измервания, анализът може да се допълни и с повърхнинен модел на линейните деформации на площта на цялата стена за всеки интервал. По тези графики за всеки интервал може да се анализира изменението на линейните деформации във времето [5].

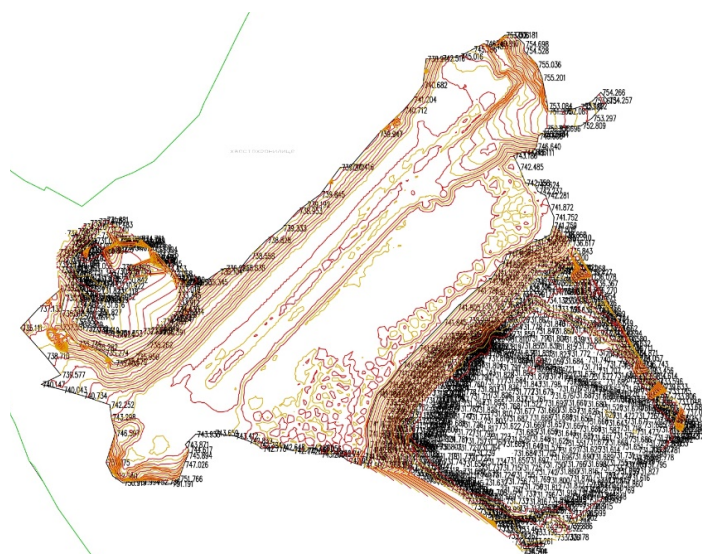
За осигуряване необходимостта от по-мощни и всеобхватни наблюдения и анализи, е извършено фотограметрично заснемане на целия обект, като от получените резултати е генериран ортофотомодел на терена. С последваща обработка е изготвен цифров 3D модел на повърхността, изобразен чрез повърхнини, които дават възможност за по-нататъшни инженерни дейности, свързани с проектиране и анализ на състоянието на Хвостохранилището (Фиг.6).

Също така е извършено геодезическо заснемане на частта от терена, попадаща под утаечното езеро, около Горна преградната стена. За извършването на заснемането са използвани специализирани инструменти и подходи, тъй като това е специфична задача за картиране на водното дъно, направен е план за картиране, като е използван специализиран софтуер, чрез който се управлява навигиращата система на многолъчев ехолот от най-висок клас, предназначено за хидрография, батиметрия и 3D моделиране на вътрешни водни басейни, реки, морски крайбрежия и прилежащия им терен.

В обхвата на изработената геодезическа снимка са заснети характерните особености на съществуващия терен, построен е нерегулярен цифров модел (Фиг.7).



Фиг.6



Фиг.7



Във височинно отношение са извършени три наблюдения, чрез геометрична нивелация, резултатите са съпоставени с началните стойности. Към момента не се наблюдават премествания във вертикалната равнина. В следващи изследвания ще се определят хоризонтални деформации на съоръжението, както и инвариантни характеристики на деформациите за периода на провежданите наблюдения. [5].

Заклучение

През 2023 г. са извършени следните видове СМР – надграждане на ГПС с 1,50 метра до кота 748,5 m. Задигане на втори, трети и четвърти скатови канали с 1 m. Направа на временни пътища и демонтаж на наливен хвостопровод по бермата на 745.0 m. Удължаване на Аварийен преливник с една секция. Изместване на наливен базалтов хвостопровод по бермата на ДПС на кота 747,0 m. Надграждане на ниската част на горна преградна стена с 1,50 m. Правят се ежедневни обходи от дежурните по хвостохранилище. Обект на наблюдение са долна и горна преградни стени, като се следи за необичайни премествания, деформации, пукнатини и свличания на скатове. Планират се мерки за недопускане на аварии и предотвратяване на рисковете.

Литература

1. Атанасова-Венкова, Д., И. Чавдарова. Експериментални изследвания чрез маркшайдерски измервания за определяне на деформационните изменения на долна преградна стена на Хвостохранилище „Рудозем-2“ към „ГОРУБСО – МАДАН“ АД. Сборник доклади от Втора национална научно-техническа конференция „Управление и безопасност на хвостохранилища“, 26 – 28 април 2023, Панагюрище, България, с. 47-52. ISSN 2815-472X.
2. Документация „ГОРУБСО МАДАН“ АД.
3. Тодоров, Н. Предложение за допълваща методика за измерване, определяне и интерпретация на данните от изследвания на деформационни изменения на земно-насипна стена на хвостохранилище. Сборник доклади от Осма национална научно-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 04 – 07 октомври 2022, Девин, България, с. 110-117. ISSN 1314-7056.
4. Цонков, Ал., М. Бегновска, Ст. Пайталов. Резултати и анализ на експериментални изследвания чрез маркшайдерски измервания за следене устойчивостта на стената на хвостохранилище „Лъки – 2 временно“ към „ЛЪКИ ИНВЕСТ“ АД. Сборник доклади от IX Международна конференция по геомеханика, 07 – 11 септември 2020, Варна, България, с. 225-233. ISSN 1314-6467.
5. Цонков, Ал., М. Бегновска, Ст. Пайталов. Оценка на възможността за приложение на някои геодезични задачи при наблюдения за устойчивостта на стената на хвостохранилище „Лъки – 2 временно“ към „ЛЪКИ ИНВЕСТ“ АД. Сборник доклади от Седма национална научно-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 05 – 08 октомври 2020, Девин, България, с. 91-99. ISSN 1314-7056.



МАРШАЙДЕРСКИ НАБЛЮДЕНИЯ ВЪРХУ СТЕНИ НА ШЛАМО И ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Александър Цонков¹, Милена Бегновска²

¹ Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, altzon@abv.bg

² Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, m_begnovska@abv.bg

MINE SURVEYING OBSERVATIONS OF THE WALLS OF TAILINGS AND SLUDGE STORAGE

Alexander Tzonkov¹, Milena Begnovska²

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, altzon@abv.bg

² University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, m_begnovska@abv.bg

ABSTRACT

The need for comprehensive, thorough research and adequate forecasting of the stressed deformed state of the walls of tailings and sludge storages necessitates applying appropriate monitoring methods, establishing any processes that may have occurred, and taking adequate measures to regulate them within certain limits. The relevance of research in this direction is also determined by the fact that the intensity of the processes and the nature of their change over time define the effective and safe operation of the monitored object. Mine surveying methods for determining the position in space and time of observed points on the wall of the engineering facility, the accuracy, and the speed with which the measurements are made show the possibility of their use in monitoring the stability of the walls of tailings and sludge storages. The results of realized mine surveying observations during the study of the stability of the walls of various tailings and sludge storages are described in the paper. The ways of processing and interpreting the results when determining the elements of deformations using different software products are considered.

Въведение

Според Закона за подземните богатства [7], минните отпадъци се депонират и съхраняват на определени за целта площадки или в съоръжения за минни отпадъци, чието местоположение, конструкция и управление предотвратяват или максимално намаляват отрицателното им въздействие върху компонентите на околната среда и/или човешкото здраве. Според Наредбата за управление на минните отпадъци [12], операторите на съоръжения за минни отпадъци, по време на тяхната експлоатация, изготвят подходящи планове, предприемат договорености и създават организация за редовен мониторинг и инспектиране на съоръженията от компетентни лица и за предприемане на действия в случаи на признаци, показващи физическа нестабилност на съоръженията, и/или замърсяването на почвата, въздуха, подземните и повърхностните води.

Наблюденията, свързани с осигуряване устойчивостта на инженерните съоръжения, с оглед на тяхната безопасна работа и екологично съобразена експлоатация, са неразделна част от тяхната експлоатация [2]. Съществен елемент, при експлоатацията на всяко едно хидротехническо съоръжение, е изследването на хоризонтални и вертикални деформации на стената. Нейната устойчивост осигурява безопасна експлоатация и безаварийна работа на хвостохранилищата. Наблюденията се извършват чрез геодезически методи, въз основа на техническо задание. Измерва се мрежа от предварително стабилизирани наблюдавани и контролни точки, привързани към предварително определена по положение и ниво работна геодезическа основа. Извършват се изследвания и анализи по отношение запазването на тяхното неизменно положение в пространството, спрямо определено изходно положение. Честотата на измерванията и допустимите отклонения се определят на базата на одобрения проект за мониторинг.



Фиг. 1. Принципен модел на изучаване на поведението на скалния масив и приложението на маркшайдерските методи за тази цел [19]



Фиг. 2. Обща схема на маркшайдерските измервания и резултатите от тях при изследване на геомеханични процеси [19]

Маркшайдерски методи за изследване на деформации на инженерни съоръжения

Измененията в напрегнато-деформационното състояние на масива се определят по известни методи [2, 18]. Сред тях намират място и маркшайдерските (фиг.1 и фиг.2). Чрез високоточно определяне на пространственото положение на наблюдавани точки от масива, в многократни измервания, се осигуряват надеждни данни относно деформационното му състояние и неговото изменение в пространството и времето.

Обикновено скалният масив се идеализира като непрекъсната или като дискретна среда [2, 3]. В случай, че се приеме като непрекъсната среда, той се разглежда като изотропен, хомогенен, без пукнатини и геоложки нарушения, без празни пространства. При движението в такава среда не се формират нови контактни повърхнини и не се разрушават съществуващите. Когато масивът се разглежда като дискретна среда, то тогава той е анизотропен, нехомогенен с напукана и пластова структура. Масивът може да се разглежда и като непрекъсната среда, нееднородна във вертикално направление и изотропна в хоризонтално направление.

За решаване на задачи свързани със състоянието на масива се използва формулен апарат от различни дялове на механиката – теория на еластичността, теория на пластичността, на реологията и т.н. [2, 19].

В природата скалният масив е сложна механична система, съставена от скали, различаващи се по физико-механични свойства, по минералогичен и литоложки състав [9]. Изменението на напрегнато-деформационното състояние на масива зависи от дейността на човека (прокарване на минни изработки, пробивно-взривни работи и др.) и редица природни фактори. Възникват различни по величина и направление напрежения, еластични и нееластични деформации, обрушаване и преместване на разрушени скали. Методите за изследване в механиката на скалите се групират в три групи – аналитични методи, методи на физическото моделиране и методи за наблюдения и измервания в естествени условия. Всички тези методи са разгледани подробно в специализираната литература.

В Инструкцията за изследване на деформациите на сгради и съоръжения чрез геодезически методи [8], се изисква спазване на следната последователност при изучаване на деформации:

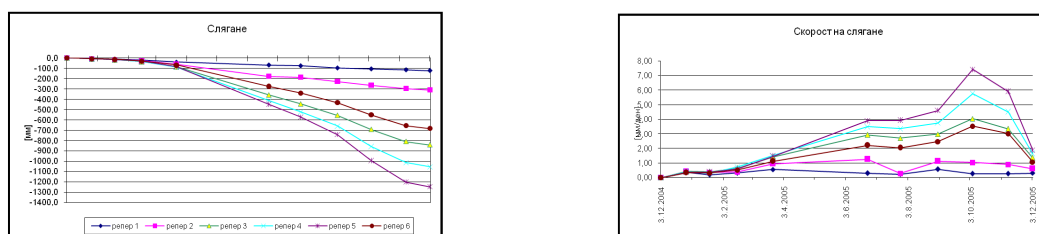
1. Организиране и извършване на измерванията;
2. Обработка на данните от измерванията;
3. Анализ на резултатите;
4. Интерпретация на крайните резултати.

Чрез резултатите от наблюденията може да бъде извършено математическо описание на деформационния процес, а също така и прогнозиране на бъдещи стойности на изследваните величини.

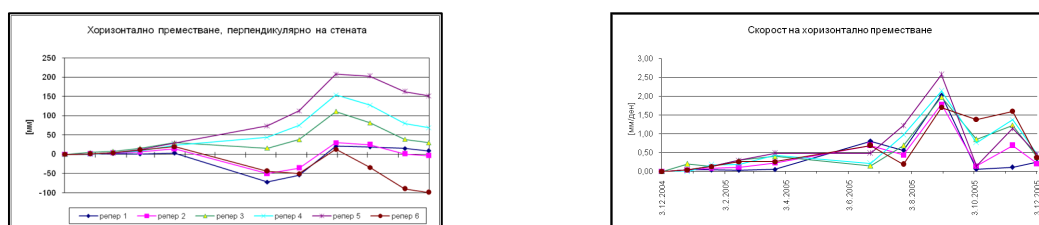


В зависимост от наблюдавания обект, изследваните елементи на деформационния процес и изискваната точност, се избират различни методи и инструменти, осигуряващи надеждни стойности на крайните резултати [2, 18]. Освен регистрирането на хоризонтални и вертикални премествания, и впоследствие изчисление на хоризонтални и вертикални деформации, е възможно да се установят стойностите на главните деформации и направленията на главните им оси, както и други деформационни елементи.

На фиг. 3 и фиг. 4 са показани графиките на вертикалните и хоризонталните премествания и скоростите на някои от реперите за проведени експериментални наблюдения на стената на шламохранилище, след проектиране и изграждане на специална наблюдателна станция [17]. Стойностите са изчислени по реда, указан в табл. 1 и табл. 2.



Фиг. 3. Вертикални премествания и скорости [17]



Фиг. 4. Хоризонтални премествания и скорости, перпендикулярно на стената [17]

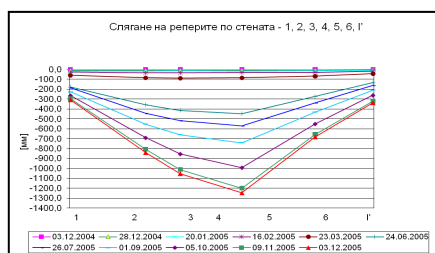
Табл. 1. Изчисляване на хоризонтални премествания

Дата	...		...		...		$\Delta t_{i-1} = \dots$		$\Delta T_{i1} = \dots$	
№ на наблюдаваната точка	Начални координати, [m]		Текущи координати, [m]		Хоризонтални премествания, [mm]		Скорост на хор. преместване, [mm]/.....		Хоризонтално преместване, [mm]	
	X	Y	X	Y	в хор. равнина	перп. на ...	в хор. равнина	перп. на ...	в хор. равнина	перп. на ...
Наблюдение	I		i		i - (i-1)		i, (i-1)		i - I	
т.1										
т.2										

Табл. 2. Изчисляване на вертикални премествания

Дата	...		...		...		$\Delta t_{i-1} = \dots$		$\Delta T_{i1} = \dots$	
№ на наблюдаваната точка	Начална кота, [m]		Текуща кота, [m]		Вертикални премествания, [mm]		Скорост на верт. преместване, [mm]/...		Вертикално преместване, [mm]	
Наблюдение	I		i		i - (i-1)		i, (i-1)		i - I	
т.1										
т.2										

На фиг. 5 се виждат вертикалните премествания на същите репери в зависимост от разположението им по стената.



Фиг. 5. Вертикални премествания в зависимост от разположението по стената [17]

Изследвания чрез теорията на времевите редове

Експлоатацията на инженерните съоръжения предопределя възникването на различни геомеханични процеси, които се развиват във времето [2]. Върху характера и посоката на тези процеси в различните моменти влияят разнообразни фактори. За оценка и прогнозиране на тяхното изменение може да се използва теорията на динамичните статистически редове (временни редове).

При изследване развитието на геомеханични процеси във времето чрез теорията на времевите редове се определят следните съставни компоненти [10]:

- Тренд (Т) (тенденция на развитие) – характеризира насоченото, закономерно и нециклично развитие на изследвания процес, което е резултат от действието на закономерни фактори през изследвания период.
- Циклични колебания (С) – регулярно повтарящи се отклонения в развитието на изследвания процес с определена периодичност и амплитуда за периоди, по-големи от една година.
- Сезонни колебания (S) – регулярно повтарящи се отклонения с определена периодичност и амплитуда за периоди, по-малки от една година.
- Случайни колебания (I) – отклонения, характеризиращи изменението на изследвания процес в резултат на случайни и разнопосочно действащи фактори.

Всеки динамичен ред е комбинация от случайния и останалите (или някои от тях) компоненти. Теорията на времевите редове има изисквания по отношение на минимален брой данни, равноинтервалност и непрекъснатост на наблюденията. При изпълнение на тези условия може да се определи влиянието на всеки от посочените компоненти в получените резултати и да се извърши прогнозиране на развитието на наблюдавания процес за бъдещ период от време.

Създадени са софтуерни продукти, предлагащи статистическа обработка на времеви редове (SPSS, Statgraphics и др.) [2]. Определяне на тенденцията на развитие на изследван динамичен ред и прогнозиране на бъдещи стойности може да бъде извършено и с електронните таблици Microsoft Excel.

Оценка на точността на плановото положение на точките от наблюдателната станция спрямо изходните точки

Плановото положение на точките от наблюдателната станция спрямо изходните точки може да се оцени чрез [11]:

1. Средните грешки по осите – M_x и M_y ;
2. Средната обобщена грешка – M_k ;
3. Средната елипса на грешките;
4. Корелационната матрица;
5. Средната грешка по зададено направление – M_a .

Оценката на плановото положение на точки чрез средните грешки по осите (M_x и M_y) и чрез средната обобщена грешка (M_k), е тясно свързана с използваната координатна система. За да се извърши оценка на положението на точка, независимо от координатната система, както и в произволно избрано направление, е удачно използването на средната елипса на грешките и на средната грешка по зададеното направление.

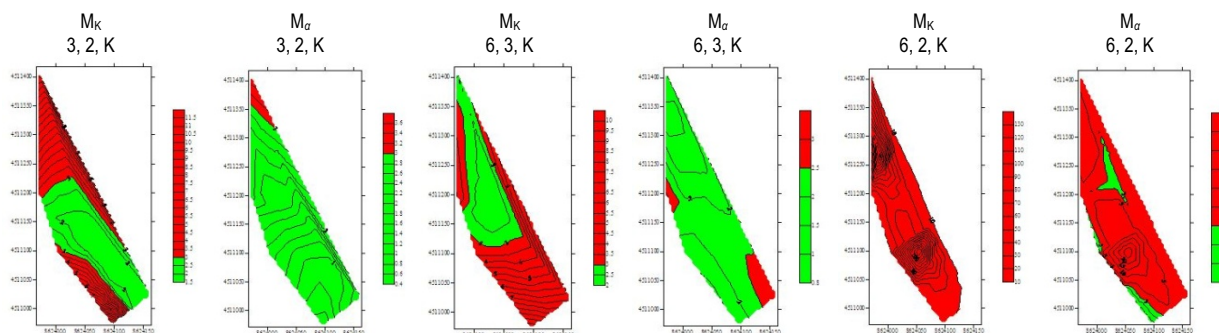
Извършени са изследвания за оценка на точността на различни геодезически задачи при наблюдаване устойчивостта на стената на хвостохранилище, като е проектирана наблюдателна станция, състояща се от [21]:

- опорна мрежа (3 точки – № 2, 3 и 6), разположени извън прогнозната зона на деформациите.
- наблюдавани точки, в 3 линии надлъжно по стената, с общ брой 35. Първият ред е по короната (16 броя), вторият и третият ред (съответно 13 и 6 броя) – по въздушната страна.

Предварително е оценена точността на определянето на координатите X и Y на наблюдаваните точки като са използвани различни геодезически методи. Изследвани са засечка напред, линейна засечка, засечка назад, полярен метод и ъглово-линейна мрежа. Използвани са данни от „теоретични“ измервания. Определени са и оценките в перпендикулярно на стената на хвостохранилището направление.

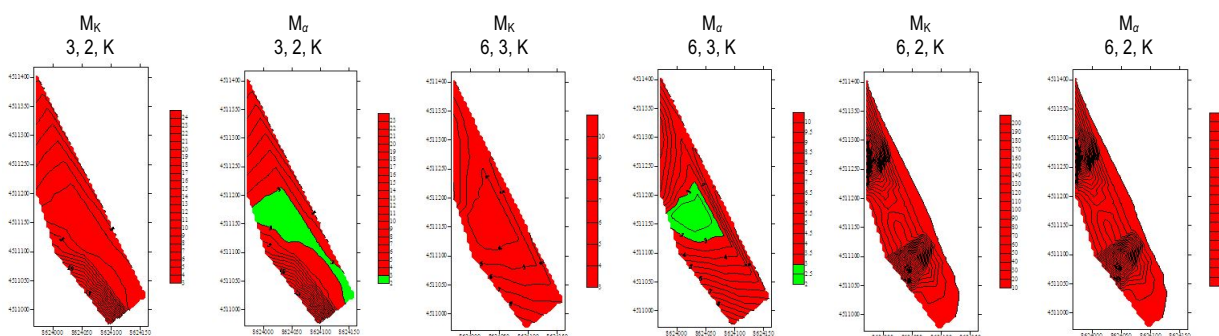
В проекта за всеки обект или съоръжение, чиито деформации се следят с цел запазване целостта и функционалността му, се задава минимална стойност на преместванията ($\Delta Q_{\min}$) за определен период от време [8]. Чрез нея се определя точността на съответното преместване (Q) на всяка една наблюдавана точка. На фиг. 6, 7, 8, 9 и 10 е показано площното разпределение на средната обобщена грешка (M_K) и на средната грешка по зададеното направление (перпендикулярно на стената) – (M_α) в координатите на наблюдаваните точки по стената на хвостохранилище за всеки от разглежданите геодезически методи и различна комбинация на изходните точки. При условно зададена допустима стойност 3 mm за M_K и M_α , са определени зони върху стената с различни стойности на предварително изчислените оценки на координатите на наблюдаваните точки. В червен цвят са зоните със стойности на грешките над 3mm, а в зелен – под тази стойност.

Засечка напред



Фиг. 6 [21]

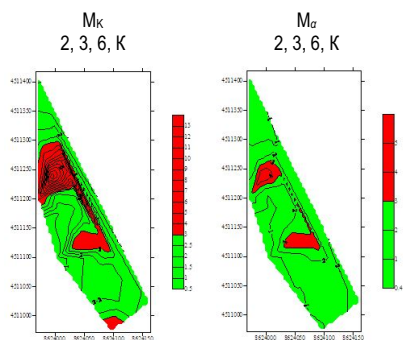
Линейна засечка



Фиг. 7 [21]

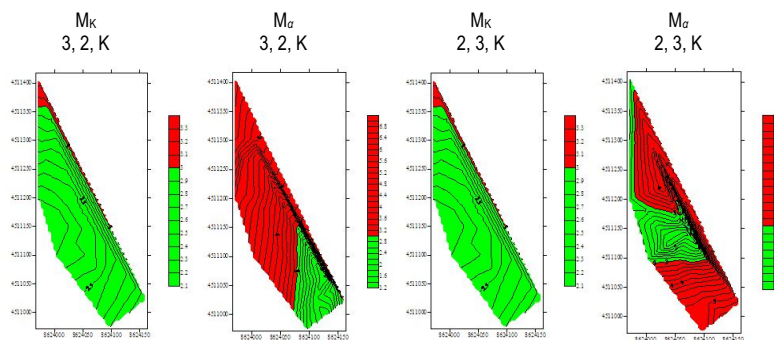


Засечка назад



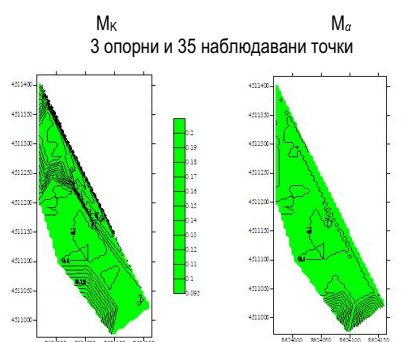
Фиг. 8 [21]

Полярен метод



Фиг. 9 [21]

Ъглово-линейна мрежа



Фиг. 10 [21]

Получените резултати показват, че разглежданите геодезически методи осигуряват различна точност на координатите на наблюдаваните точки [21]. Това се обуславя от конкретното разположение на точките от опорната мрежа, от формата на получените фигури и от стойностите и вида на елементите за тяхното изчисляване. В конкретната ситуация най-добри резултати по отношение на точността се постига при координиране на наблюдаваните точки чрез ъглово-линейна мрежа.

Ако резултатите от подобно предварително изследване не са удовлетворителни, е възможно да се изберат нови места на опорните точки, както и да се промени броят им. В такъв случай трябва да се използват като критерии за сравнение на различните варианти размерите на осите на елипсата на грешките и средната грешка по зададеното (перпендикулярно на стената) направление - M_σ .

Определяне на инвариантните характеристики на деформациите чрез маркшайдерски измервания

В основата на изучаването на структурата на регионалните и локалните полета на деформации се поставя принципа на инвариантност [4, 13, 16], т.е. изследване на геометрически или физически свойства на обекта, които не зависят от избора на координатна система.

При определяне на деформации като основен елемент (елементарен елемент) се приема отделния триъгълник (с върхове върху разглеждания обект) като се следва хипотезата за локално еднородното му деформиране. Методът е известен като метод на крайните елементи. Приема се, че околното пространство не влияе на деформациите на елементарния елемент.

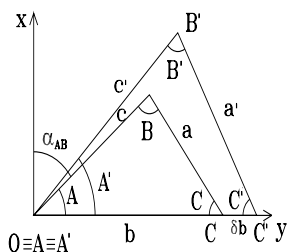
Един равнинен триъгълник е дефиниран с: три страни; две страни и заключен ъгъл между тях; страна и два от ъглите му (за сумата от трите ъгъла важи условието за равенство на π).

В миналото, а и сега, включването на триъгълниците в мрежа (трилатерация или триангулация), измервания и последващо изравнение на измерванията водеше до редица неточности, поради отдалечението по време на измерванията в части от мрежата (т.е. от произтекли вече събития), натрупване на неточности при самото изравнение и пр. Ето защо има разработени методи за определяне на деформации от повторни измервания само на дължините за отделния триъгълник. Тези методи са приложими и сега, тъй като прецизните далекомери осигуряват висока точност на измерено разстояние [5].

В изследванията по-долу е използван дефиниран с трите си страни триъгълник като се използват повторните им измервания [16]. Деформациите се представят като се използва координатна система (а може и да не се използва такава), свързана само с разглеждания триъгълник и е в неговата равнина [6]. Тези начини за определяне на деформациите може да се приложат и за GNSS измервания чрез които се определят достатъчно точно земни хорди, а така също и при класически координатни определяния.

Елементите на деформации на триъгълника ABC с върхове A, B, C се представят с:

- относително изменение на площта – дилатация θ ;
- формоизменение – максимално преместване γ_m ;
- главни стойности на деформациите E_1 и E_2 в посоките T_1 и T_2 на главните оси.



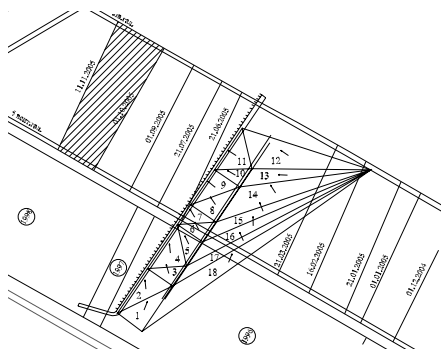
Фиг. 11 [16]

Измерените елементи в триъгълника ABC за епоха t са страните a, b, c (фиг. 11), а за епоха t' – за изместения триъгълник $A'B'C'$ са съответно a', b', c' . Въвежда се декартова правоъгълна дясна координатна система Oxy с начало в съвпадатите точки A и A' ($O \equiv A \equiv A'$) и ос y по посока на страната b (посоките на страните b и b' съвпадат – фиг. 11). Ъглите в триъгълниците са означени със същите букви като върховете им.

За изследването на деформации се използват подходящо разположени елементарни триъгълници, покриващи определена територия (обекти), обикновено непрекъснато. Ето защо е необходимо представяне на върховете на тези триъгълници в единна координатна система.

Подобни изследвания са представени и в [1], [14] и [15].

За онагледяване на приложението на методите за изчисляване на елементите на деформации са използвани резултатите от две наблюдения на земно-насипната стена на шламохранилище (подработвана с възглицен фронт) [16]. От проведените наблюдения са определени координатите на стабилизирани точки по стената и около нея. Чрез тях са изчислени хоризонталните разстояния между реперите в двете епохи.



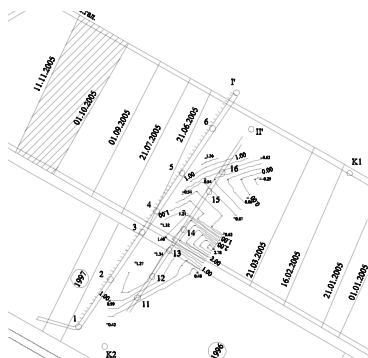
Фиг. 12. Посоки на главните деформации (E_1) в изследваните триъгълници [16]

Създадена е мрежа от триъгълници, (фиг. 12). По изложените по-горе методи за всеки триъгълник са определени:

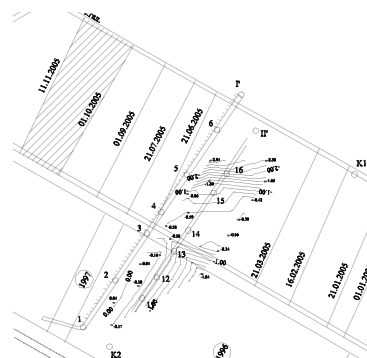
- посоката и стойността на главната стойност на деформациите – E_1 ;
- посоката и стойността на главната стойност на деформациите – E_2 ;
- стойността на относителното изменение на площта – θ ;
- стойността на интензивността на формоизменение – γ_m ;
- центъра на тежестта на триъгълника.

На фиг. 12 се виждат и посоките на главните стойности на деформациите – E_1 , нанесени в центровете на тежестта на елементарните фигури.

Създадени са графични модели за деформационното състояние на стената на шламохранилището за посочения по-горе период на наблюдение (фиг. 13, 14, 15 и 16).



Фиг. 13. Стойности и изолинии на главните деформации – ($E_1 \cdot 10^{-3}$) [16]



Фиг. 14. Стойности и изолинии на главните деформации – ($E_2 \cdot 10^{-3}$) [16]

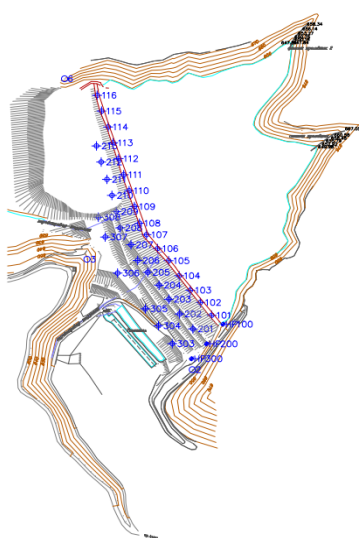


Фиг. 15. Стойности и изолинии на относителното изменение на площта на триъгълниците (дилатация – $\theta \cdot 10^{-3}$) [16]

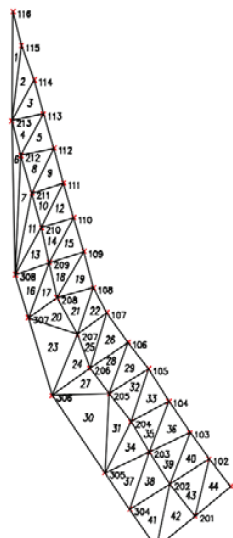


Фиг. 16. Стойности и изолинии на интензивността на формоизменение на триъгълниците (максимално преместване – $\gamma_m \cdot 10^{-3}$) [16]

Извършени са последващи наблюдения, резултатите от които потвърждават логичното развитие на деформационния процес, вследствие подработването на инженерното съоръжение във времето [16].



Фиг. 17. Разположение на точките от наблюдателната станция [20]



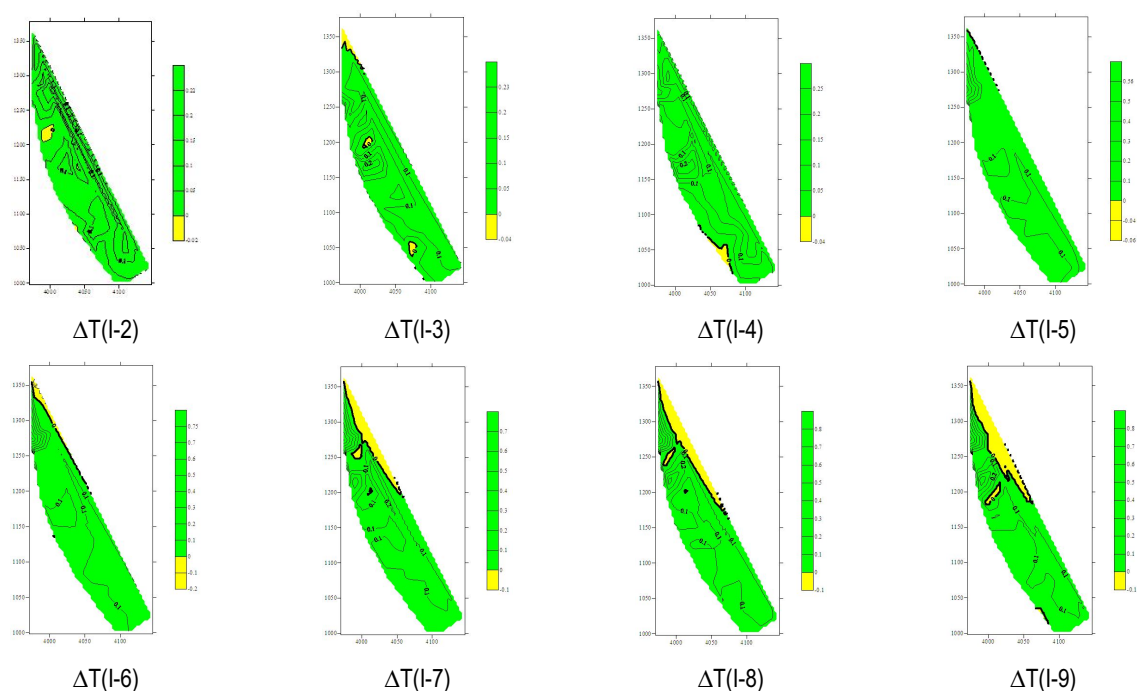
Фиг. 18. Създадената мрежа от триъгълници [20]

Подобни изследвания са извършени за изследване възможността за използване на резултати от маркшайдерски измервания за определяне на елементите на деформации за стената на хвостохранилище, след изграждане на нова наблюдателна станция [20]. Проведени са 9 наблюдения през интервал от един месец. Разположението и номерата на точките от наблюдателната станция е показано на фиг. 17. Формирана е мрежа от триъгълници върху стената на хвостохранилището (фиг. 18), за които се определят стойностите на елементите на деформациите.

Определени са цитираните по-горе елементи на деформациите за всички триъгълници между първото и всяко поредно измерване. С оглед ограничения обем на доклада, в него се разглеждат и анализират получените стойности само за главната деформация E_1 .

Въз основа на данните, за посочените интервали от време, на фиг. 19 са представени графики с различни зони на деформирано състояние на стената на хвостохранилището (в зелен цвят – зони на опън и в жълт цвят – зони на натиск.).

Съгласно проекта за експлоатация на съоръжението, за поддържане на неговия обем, осушения хвост се изнася и складира в близост до западния край на стената [20]. Още след началните измервания върху стената на хвостохранилището се формират преобладаващо зони с опън и по-малко с натиск. След увеличаване на натрупания осушен хвост до стената, зоната с натискови деформации увеличава площта си, предимно в северозападната част на короната (фиг. 19). Това се потвърждава от хоризонталните и вертикални премествания, регистрирани с маркшайдерски измервания. Тези изменения най-вероятно се дължат на по-бързо свличане на масива в горната част на стената под влияние теглото на натрупания хвост. В останалата част от стената преобладават опъновите деформации.



Фиг. 19. Зони на опън и натиск [20]

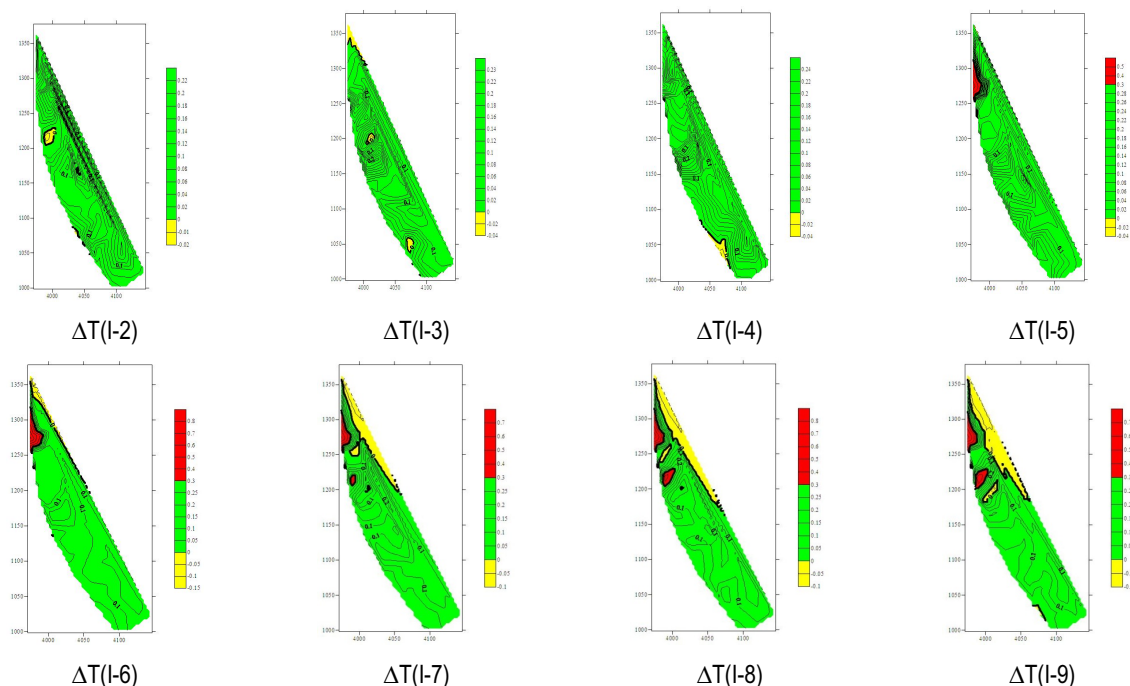
За всяко съоръжение, при неговото строителство и експлоатация, се посочват стойности на допустими или критични деформации, превишаването на които може да доведе до нарушаване целостта или разрушаването му.

На фиг. 20 е показан план на наблюдавания обект, върху който с изолинии са изобразени зони с различни стойности на главните деформации E_1 . Тези стойности са сравнени с условно приета допустима хоризонтална деформация $0,3 \cdot 10^{-3}$.

Възприетите означения са следните:

- в червен цвят – зони на опън със стойности на хоризонталните деформации над допустимата приета ($0,3 \cdot 10^{-3}$);
- в зелен цвят – зони на опън със стойности на хоризонталните деформации под допустимата приета ($0,3 \cdot 10^{-3}$);

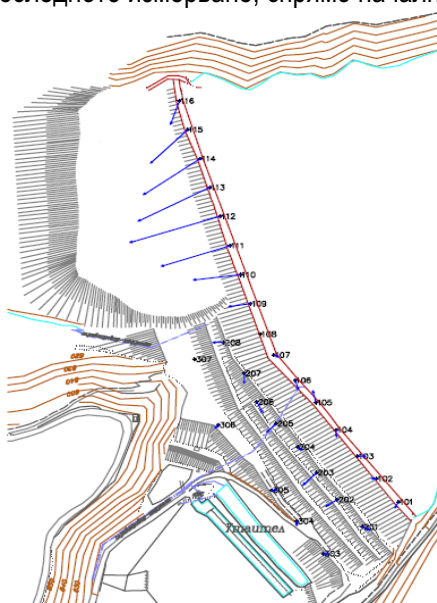
- В ЖЪЛТ ЦВЯТ – зони на натиск със стойности на хоризонталните деформации под допустимата приета ($0,3 \cdot 10^{-3}$).



Фиг. 20. Стойности на гл. деформация $E_1 \cdot 10^{-3}$, сравнени с условно приетата допустима ($0,3 \cdot 10^{-3}$) [20]

Зоната с опънови деформации, превишаващи условно приетата допустима хоризонтална деформация ($0,3 \cdot 10^{-3}$), увеличава непрекъснато своята площ в периода на наблюденията (фиг. 20). Деформационните й показатели значително надвишават приетата стойност. Максималните стойности на главната деформация E_1 са съсредоточени основно в близост до натрупания хвост.

На фиг. 21 са показани векторите на преместване в хоризонталната равнина към момента на последното измерване, спрямо началното [20].



Фиг. 21. Вектори на преместване в хоризонталната равнина [20]

Хоризонталните премествания в посока успоредна на стената на това съоръжение не са от съществена значимост. Получените стойности за повечето от наблюдаваните репери са в границите на точността на измерванията. Малко по-завишени са те за точките, които са разположени в западната част на стената. По отношение на хоризонталните премествания, перпендикулярно на стената, резултатите са съвсем различни. От момента на постепенно увеличение на натрупания до стената хвост тези премествания, за реперите по короната (от № 108 до № 116), постоянно увеличават стойностите си. Към датата на последното измерване те достигат 27 mm в посока въздушната страна на стената. За другите две наблюдателни линии максималните стойности са около 6-7 mm, постоянни по цялата дължина на стената.

Установените премествания и деформации във вертикалната и хоризонталната равнина показват, че съществува деформационен процес [20]. Определяща роля за неговото развитие има натрупването на хвост в близост и върху северозападната част на стената на съоръжението.



Необходимо е извършването на регулярни наблюдения за следене устойчивостта на стената на хвостохранилището и последващ анализ на получените резултати с цел осигуряване на неговата безопасна и екологично издържана експлоатация.

Заключение

Шламо и хвостохранилищата са обекти, които изискват особено внимание и грижи, свързани с тяхната цялост, функционалност и безопасност. Основа за това е актуалната и точна информация за състоянието на съоръженията. Извършваните регулярни наблюдения на система от постоянно стабилизирани точки от стената и на системата от пиезометри, след подходяща интерпретация, позволяват да се вземат коректни и навременни решения и мерки за ефективно управление на тези специални обекти.

Правилният избор на съвременни методи, нови технологии и средства, съчетани с опита на наблюдаващите екипи, гарантира възможности за повишаване на безопасността на работа и дълговременна експлоатация на съоръженията.

Литература

- [1] Атанасова-Венкова, Д., И. Чавдарова. Експериментални изследвания чрез маркшейдерски измервания за определяне на деформационните изменения на долна преградна стена на хвостохранилище „Рудозем-2“ към „ГОРУБСО – МАДАН“ АД. Сборник доклади от Втора национална научно-техническа конференция „Управление и безопасност на хвостохранилища“, 26 – 28 април 2023, Панагюрище, България, с. 47-52. ISSN 2815-472X.
- [2] Бегновска, М. Съвременни методи, технологии и средства в маркшейдерското осигуряване на минни обекти. ИК „Св. Иван Рилски“, София, 2022, 150 стр. ISBN 978-954-353-445-6.
- [3] Вълков, М. Геомеханични модели в минното дело. ИК „Св. Ив. Рилски“, София, 2011.
- [4] Върбанов, Хр. Приложна теория на еластичността и пластичността, Техника, София, 1992.
- [5] Господинов, Сл. Определяне на блоково обусловени равнинни деформации на земната кора посредством измерени пространствени хорди. Военно-топографска служба, 2011.
- [6] Есиков, Н.П. Методы кинематического анализа современных движений земной поверхности. – Геол. и геофиз., №, стр.130-141.
- [7] Закон за подземните богатства. Обн. ДВ. бр. 23 от 12 март 1999 г., изм. и доп. ДВ. бр. 86 от 13 Октомври 2023 г.
- [8] Инструкция за изследване на деформациите на сгради и съоръжения чрез геодезически методи, София, 1980.
- [9] Кузнецов, Г. Н., К. А. Ардашев, Н. А. Филатов и др. Методы и средства решения задач горной геомеханики, Москва, „Недра“, 1987.
- [10] Манов, А. Статистика със SPSS, Тракия-М, София, 2001.
- [11] Маркшейдерское дело: Учеб. для вузов, под ред. И. Н. Ушакова, 3-е изд., перераб. и доп., часть 2, М., Недра, 1989, 437 с., ISBN 5-247-01800-1.
- [12] Наредба за управление на минните отпадъци, в сила от 19.01.2016 г. Приета с ПМС № 1 от 07.01.2016 г. Обн. ДВ. бр. 5 от 19 Януари 2016 г., изм. и доп. ДВ. бр. 58 от 23 Юли 2019 г.
- [13] Тадеев, А. А. Геодезия, картография и аэрофотосъёмки, №43, стр.117-121. 1986.
- [14] Тодоров, Н. Предложение за допълваща методика за измерване, определяне и интерпретация на данните от изследвания на деформационни изменения на земно-насипна стена на хвостохранилище. Сборник доклади от Осма национална научно-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 04 – 07 октомври 2022, Девин, България, с. 110-117. ISSN 1314-7056.
- [15] Тодоров, Н. Резултатите от нововъведена методика за определяне на устойчивостта на земнонасипна стена на хвостохранилище по данни от геодезически и хидроложки измервания.



XXXIII Международен симпозиум „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области“, НТС, 1 – 3 ноември 2023, София.

- [16] Цонков, Ал. Изследване на геомеханични процеси чрез маркшайдерски измервания. Четвъртата национална научно-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 23 – 26 септември 2014, гр. Девин.
- [17] Цонков, Ал. Интерпретация на резултати от маркшайдерски измервания при изследване на геомеханични процеси. Пета национална научно-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 4 – 7 октомври 2016, гр. Девин.
- [18] Цонков, Ал., М. Бегновска. Изучаване на деформационното състояние на скалния масив чрез маркшайдерски наблюдения при добив на оловно-цинкова руда. Сп. Геология и минерални ресурси, София, 6-7, 2018, с. 30-34. ISSN 1310-2265.
- [19] Цонков, Ал. Геомеханични изследвания чрез маркшайдерски измервания. ИК „Св. Иван Рилски“, София, 2019, 140 стр. ISBN 978-954-353-384-1.
- [20] Цонков, Ал., М. Бегновска, Ст. Пайталов. Резултати и анализ на експериментални изследвания чрез маркшайдерски измервания за следене устойчивостта на стената на хвостохранилище „Лъки – 2 временно“ към „ЛЪКИ ИНВЕСТ“ АД. Сборник доклади от IX Международна конференция по геомеханика, 07 – 11 септември 2020, Варна, България, с. 225-233. ISSN 1314-6467.
- [21] Цонков, Ал., М. Бегновска, Ст. Пайталов. Оценка на възможността за приложение на някои геодезични задачи при наблюдения за устойчивостта на стената на хвостохранилище „Лъки – 2 временно“ към „ЛЪКИ ИНВЕСТ“ АД. Сборник доклади от Седма национална научно-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 05 – 08 октомври 2020, Девин, България, с. 91-99. ISSN 1314-7056.



GEOTECHNICAL MODULE – ЕДИН АЛТЕРНАТИВЕН ИНСТРУМЕНТ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ЕЛЕМЕНТИТЕ НА ЗАЛЯГАНЕ НА ПОЛЕЗНОТО ИЗКОПАЕМО В УСЛОВИЯТА НА ВЪГЛИЩНИ И ЖИЛНИ НАХОДИЩА

Недко Тодоров

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700, София, nt.todorovv@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Днес на световния пазар се предлагат редица специализирани минни софтуери, чиито характеристики предоставят възможност за 3D моделиране на геоложки тела и проектиране на системи за тяхното безопасно, ефективно и икономически изгодно разработване. Себестойността на полезното изкопаемо и финансовата обезпеченост на концесионера са основни фактори при определянето на необходимостта от закупуването на такъв тип специализиран продукт. За съжаление малко предприятия у нас имат възможността да заплащат високите лицензионни такси, които надхвърлят няколко хиляди долара. В условията на различни по тип и способ на добиване полезни изкопаеми е предложен алтернативен софтуерен вариант, в лицето на **Geotechnical Module**, като надграждащ модул на **AutoCAD Civil 3D**, за определяне формата, размерите и елементите на залягане на подземните богатства.

GEOTECHNICAL MODULE – AN ALTERNATIVE TOOL FOR DETERMINING THE ELEMENTS OF MINERAL DEPOSIT IN COAL AND VEIN DEPOSITS

Nedko Todorov

University of mining and geology "St. Ivan Rilski", 1700, Sofia, nt.todorovv@gmail.com

ABSTRACT

Nowadays, a number of specialized mining software are available on the world market, the characteristics of which offer the possibility of 3D modeling of geological bodies and designing systems for their complete and economically profitable development. The cost of the mineral and the financial security of the concessionaire are the main factors determining the need for the purchase of this type of specialized product. Unfortunately, few enterprises in our country have the opportunity to pay the high license fees, which on an annual basis exceed several thousand dollars. In the conditions of different types of mineral resources, an alternative software option is proposed in the form of Geotechnical Module as an upgrade module of AutoCAD Civil 3D for determining the shape, dimensions and elements of deposit of underground resources.

Приложение възможностите на Geotechnical Module при определянето елементите на залягане на въглищен пласт в подземен рудник

1) Кратки сведения за изследвания обект

За оптималното проучване и разработване на находища на полезни изкопаеми е необходимо обстойно изучаване на формата на натрупванията, пространственото изменение на показателите на находищата и процесите, които се случват в земните недра [1]. Геометрията на натрупванията от полезни изкопаеми е най-разнообразна. Някои имат проста пластова форма (въглищни пластовете), такива са представителите на утаените находища, а други са с по-сложна форма – жилни находища. В разгледаното находище, продуктивният хоризонт е с дебелина 120 m, и е представен от пясъчливи глини, глинести пясъци, пясъчници и глини с фауна. В него са развити пет пласта кафяви въглища: А, В, С, Д и „Троен“ [2]. В долната част на продуктивния хоризонт преобладават глините, сред които са отложени пластовете от долната въгленосна задруга „Троен“, С и Д. Горната част на продуктивния



хоризонт, т. нар. зона на „твърдите банки“, е представена предимно от здрави пясъчливи и пясъчливо-глинести материали. В тези условия са формирани пластовете на горната въгленосна задруга В и А.

2) Построяване на повърхнинен модел на пласт „А“

За да се определи пространственото положение на пласта и да се получи нагледна геометрична представа за формата и дебелината на изследвания пласт е необходимо да се определят „елементите на залягане“. За решаването на задачата е предоставена част от геоложката информация за изследвания обект. Тя съдържа план на сондажната мрежа при проучването на находището и описания на извадените ядки от ядковото сондиране. За да се определят елементите на залягане на полезното изкопаемо е използван допълнителният модул към **AutoCAD Civil 3D - “Geotechnical module”**. Преди всичко, особено внимание трябва да се обърне на специфичната подредба на данните от проучването, които модулът използва. Модулът работи със строго определено наименование, синтаксис и текстов сепаратор на входния файл. След обработката на суровите данни се генерират 2 файла с разширение “CSV”. Първият е с име “**Location Details**”, който съдържа информация за типа и пространственото положение на сондажите. Вторият файл – “**Field Geological Descriptions**”, съхранява информация за дълбочините на различните видове пластовете, които сондажът е пресякъл. За текущата разработка и спрямо предоставената информация, акцент се поставя върху полезното изкопаемо, а не върху литологията над и под него.

Табл. 1 Location Details

Location ID	Location Type	Easting	Northing	Ground Level
BH1058	RC	9590637.94	4651933.63	347.97
BH1059	RC	9590662.91	4651934.78	346.78
BH1060	RC	9590687.89	4651935.94	345.58
BH1061	RC	9590712.86	4651937.10	344.35
BH1062	RC	9590737.83	4651938.26	342.96
BH1063	RC	9590762.81	4651939.42	341.57
BH1064	RC	9590636.78	4651938.60	348.42
BH1065	RC	9590661.75	4651939.76	347.23
BH1066	RC	9590686.73	4651960.91	346.04
BH1067	RC	9590711.70	4651962.07	344.84

Табл. 2 Field Geological Description

Location ID	Depth Top	Depth Base	Legend Code	Geology Code
BH1058	0	47	201	CLAY
BH1058	47	49.5	806	COAL
BH1060	0	45	201	CLAY
BH1060	45	47.5	806	COAL
BH1062	0	43.3	201	CLAY
BH1062	43.3	45.8	806	COAL
BH1064	0	45.3	201	CLAY
BH1064	45.3	47.8	806	COAL

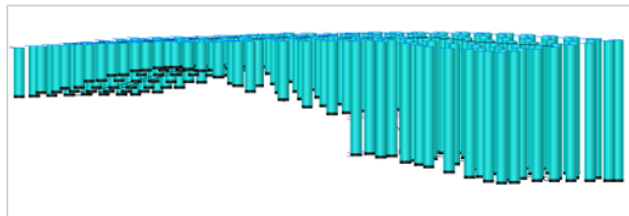
Модулът работи с вътрешна кодировка, която определя какъв цвят и оформление приемат проучвателните изработки спрямо геоложките описания на сондажната ядка, например за глина с код (CLAY), въглищно вещество с код (COAL) и т.н. Преди да започне моделирането е нужно да се създаде проект, с определено име и идентификатор, като изрично се посочва статусът му, който в случая е отворен, т.е. все още се работи по него.



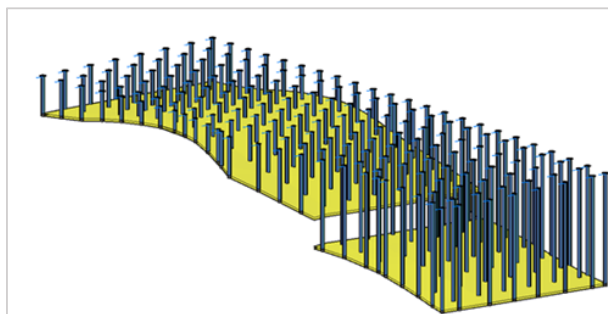
Фиг. 1 Създаване на проект в Geotechnical module

След тази основна стъпка, следва вмъкването на информацията от проучването. Тук е много важна правилната подредба на файла, защото за разлика от други софтуери, AutoCAD Civil3D и Geotechnical module работят със строго определен синтаксис, който не търпи неточности. След

въвеждането на данните се материализира сондажната мрежа с предварително зададен точков (Point Style) и етикетен (Label Style) стил.



Фиг. 3 Аксонометрична проекция на повърхнинния модел на сондажната мрежа



Фиг. 3а Аксонометрична проекция на повърхнинния модел на въглищния пласт

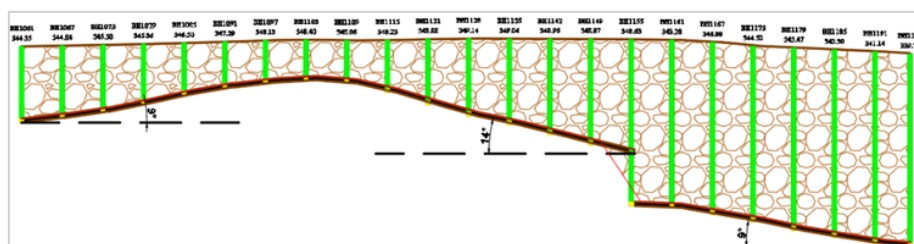
3) Определяне на ъгълаът по простиране на пласта

След вече построеният повърхнинен модел на въглищния пласт е нужно да се определят елементите му на залягане в земните недра. Първият елемент е ъгъла на линията на простиране. Той е сключен между хоризонтална равнина и линията на горнището или долнището на пласта. За решаването на тази задача е генерирано трасе (**Alignment**), което съвпада с линията на простиране (фиг. 4). С помощта на инструментите за измерване на ъгли в AutoCAD Civil3D е определена ориентацията на пласта в хоризонталната равнина, изразяваща се в ъгъл сключен между северната посока и линията на простиране.



Фиг. 4 Ориентация на пласта в хоризонтално отношение

За определянето на ъгъла на наклона на пласта по простиране е нужна допълнителна обработка на модела. За целта по профилна линия I-I е генериран профил (**Profile**), на който са изобразени горнището и долнището на изследвания пласт (фиг. 5).

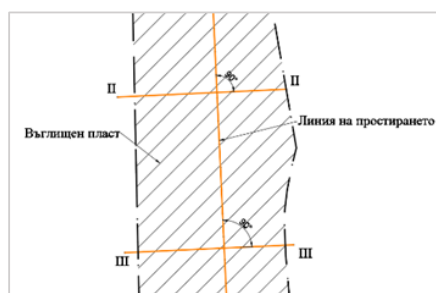


Фиг. 5 Профил по профилна линия I-I

При така построените повърхнини, спрямо проучването на находището и генерирания профил се наблюдава известно задигане от около 28 m между сондаж 1061 и сондаж 1103, което в ъглова мярка е 9° . Докато, между сондаж 1103 и сондаж 1155 пластът променя посоката си с ъгъл на наклона от 14° . До края на показания профил посоката се запазва, като ъгълът се изменя до 9° . Генерално за цялата профилна линия е изчислен ъгъл на наклона по простирание 8° . Спрямо допълнително генерираните успоредни профилни линии по простирание за цялата област на изследване е установено, че профил I-I може да се приеме за представителна извадка спрямо ъгъла на наклона на пласта по простирание.

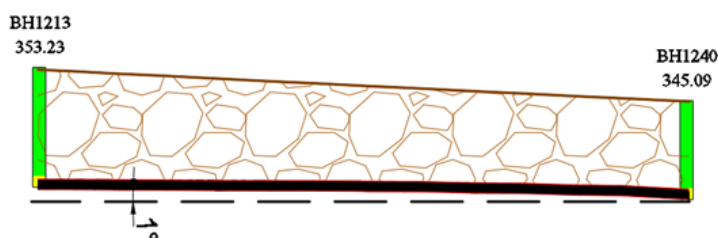
4) Определяне на ъгъла по западане на пласта

По дефиниция ъгъл на западане на пласта е ъгълът, сключен между линията на западането и нейната хоризонтална проекция, като обратната посока на западане се нарича посока на задигане. Линията на западане или наклон на пласта е винаги перпендикулярна на линията на простирание, която лежи в пласта и показва най-големия му наклон. За посока на наклона на западане се взема азимута на едноименната линия. При определянето на ъгъла на пласта са фиксирани 2 трасета (**Alignment**) в определени зони от изследвания обект – „Профилна линия II-II“ и „Профилна линия III-III“ (фиг.6). Те са така избрани, че да засегнат локални части от пласта, където се наблюдава значителна промяна в ъгъла на западане.

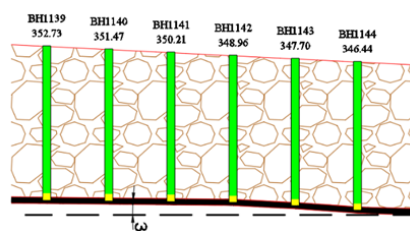


Фиг. 6 Профилни линии II-II и III-III, перпендикулярни на линията на простирание

По двете профилни линии са генерирани сечения, на които са изобразени ограничителните повърхнини на пласта.



Фиг. 7 Профил II-II



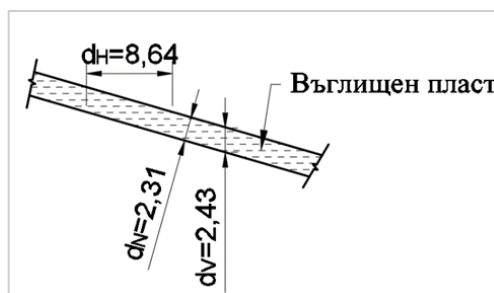
Фиг. 8 Профил III-III

При така построените профили се наблюдава слабо изменение в ъгъла на наклона по западане на пласта. В този случай варира между 1° и 3° , което изразено като линейно задигане е между 3.6 и 4.5 m по дължината на профилите. При допълнително генерираните успоредни на двата профила трасета и построените профили не се наблюдават значителни изменения в ъгъла. В такъв случай профилите II-II и III-III могат да се приемат за представителни спрямо определянето ъгълът на наклона по западане на пласта.

5) Определяне дебелината на пласта

Дебелината на пласта се отнася към основните геометрични елементи, които го характеризират. По начина си на определяне се различават Нормална (dN), Вертикална (dV), Хоризонтална дебелина (dH).

Определянето на дебелината на пласта се извършва в естествените и изкуствените му разкрития. Последните се осъществяват чрез сондажни изработки. Поради това, че в естествени и изкуствени условия не може да се определи нормалната дебелина, задачата се свежда до изчертаването на графики за „Определяне нормалната дебелина“ [1]. За изследвания пласт е съставен профил върху определен участък, от който чрез инструментите за измерване на разстояния в AutoCAD Civil3D са определени трите типа дебелини. В определени интервали от профила са направени измервания, като е установено, че нормалната дебелина варира от 2.2 m до 2.5 m. В дадени участъци, при които се наблюдава задигане или западане на пласта, са определени и вертикалните дебелини, които спрямо ъглите по простирание не се различават значително от нормалните дебелини.

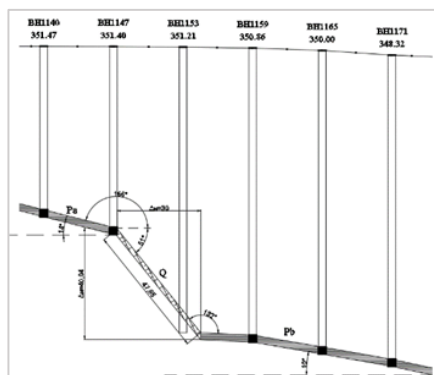


Фиг. 9 Дебелина на пласта

6) Разместване на пластовете

Под разместване на пластовете се разбира такъв тип нарушение, при което разкъсаните части се разместват една спрямо друга. В някои случаи тези нарушения могат да възпрепятстват проучването, а дори и експлоатацията на находището. Разкъсванията и разместванията на пластовете създават трудности при провеждане на добивните работи, влошаване качеството на полезното изкопаемо, намаляване на скоростта и увеличаване на разходите за прокарването на минни изработки, влошаване на хидро-геоложките условия на работните участъци [1]. Разместването на пластовете може да бъде определено по различни методи, като за целта на разработката най-удачен е геометричният метод, при който на база проучвателни сондажи се изработват геоложки разрези. Геометричните елементи на разместванията са ъглови и линейни величини, които характеризират формата и взаимното положение на елементите им.

Част от ъгловите елементи са ъгълът на наклона на крилата, ориентиращ ъгъл, ъгъл между линията на страната и посоката на вектора на преместване, а част от линейните елементи са амплитуда (нормална – N, вертикална – H и хоризонтална) и дължина на разседната равнина. От сондажи с номера 1140, 1147, 1159, 1165 и 1171 са генерирани профили, върху които, чрез инструментите в секция “Dimensions” в AutoCAD Civil3D са определени ъгلوвете и линейните параметри на преместването. Изчислени са разновидностите на амплитудите, ъглите на западане и ъглите на крилата. При допълнително генерираните профили, по различни направления от зоната на преместване е установено, че амплитудата и ъгъла на западането на разместването има променлив характер.



Фиг. 10 Напречно сечение с изобразени параметрите на преместването

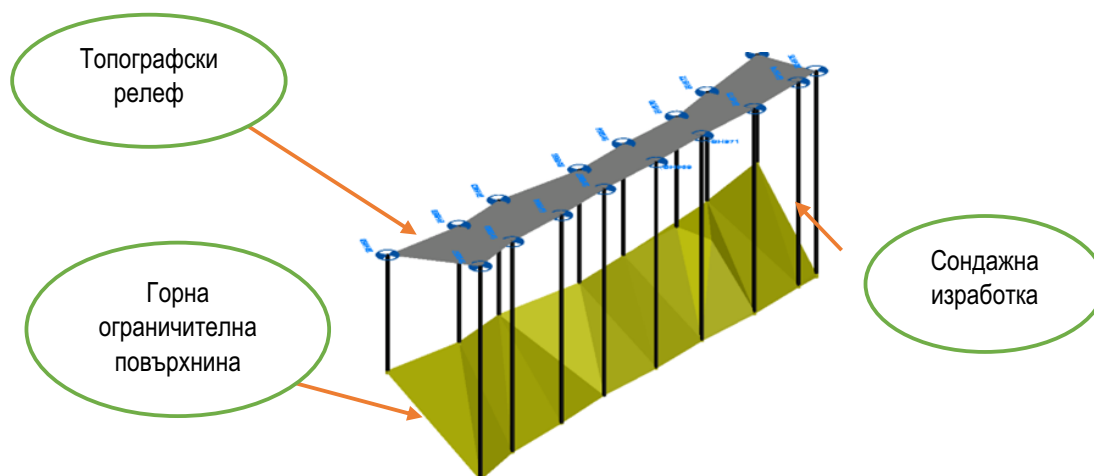
Приложение на Geotechnical Module при определяне на елементите на залягане на „Жила 1“ в рудник „Върба - Батанци“, „ГОРУБСО - МАДАН“ АД

1) Кратки сведения за обекта

Находището съдържа значителни запаси от оловно-цинкови руди и се разработва по подземен начин, чрез прилагане на система с открито добивно пространство и отбиване на рудата от подетажни изработки [4]. Експлоатацията на находище „Върба“ започва през 1952 г., като до 1980 г., находище „Върба“ се е смятало за изцяло жилно находище, въпреки че при допроучването му е установено метасоматично орудяване. Дебелината на рудното тяло варира от 1.0 до 20.0 m.

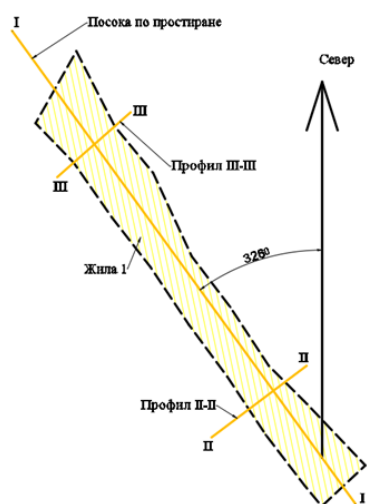
2) Построяване на повърхнинен модел на „Жила 1“

За построяването на повърхнинния модел на полезното изкопаемо са използвани данни от сондажното предварително проучване и експлоатационното проучване на находището, които са предоставени от ръководството на рудника. В изследваната част са прокарани 17 сондажни изработки, а по време на експлоатацията по още 2 на всеки орт. Сондажите, заедно с литоложките описания, са „вмъкнати“ в AutoCAD Civil3D според класическия ред на работа. Изготвени са 2 таблични „CSV“ файла, които съдържат пространственото положение, вида на сондажните изработки и описанията на извадените ядки. Идентични са по структура и вид спрямо тези, показани на табл.1 и табл.2. Разработен е нов проект в „Geotechnical module“ под името „Върба – Батанци, Жила 1“. След като информацията е въведена по класическия начин са генерирани триизмерни сондажни изработки чрез „Solid“ повърхнинни. На база геоложките описания се генерира автоматизирано горна и долна ограничителна повърхнина на жилата, чрез които тя е дефинирана в пространството (фиг.11).

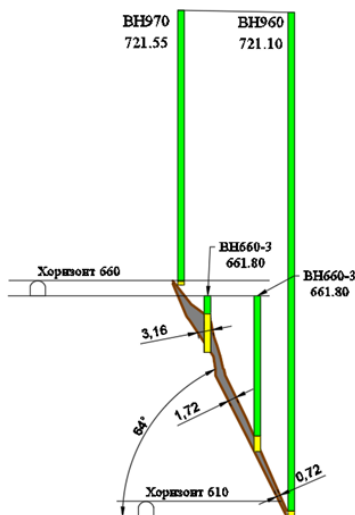


Фиг. 11 Аксонометрична проекция на концептуалния модел на „Жила 1“

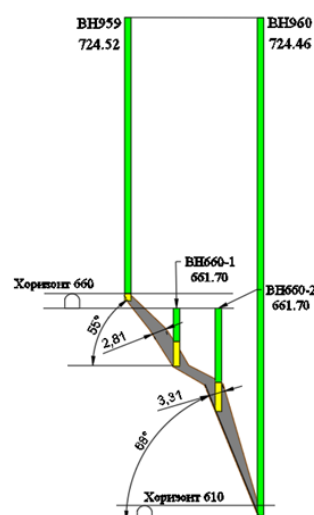
3) Определяне на дебелината и ъглите по простирание и западане на „Жила 1“



Фиг. 12 Ориентация на жилата



Фиг. 13 Профил II-II



Фиг. 14 Профил III-III

Ориентацията на жилата в пространството е определена чрез азимута, сключен между посоката на простирание и севера. Чрез ъгломерните инструменти на AutoCAD Civil3D е определен ъгъл на простирание от 326° . От (фиг.12) се вижда, че линията по простирание съвпада с надлъжния профил I-I, по който е определен и ъгълът на наклона на жилата по простирание.

Линията по западане теоретично е перпендикулярна на посоката на простирание. На фиг.12 тя съвпада с профилна линия II-II. А за да бъде определен ъгълът по западане е нужна допълнителна обработка на модела. При определянето на ъгълът на жилата са генерирани 2 трасета в определени зони от изследвания обект. Те са така избрани, че да засегнат локални части от жилата, където се наблюдава значителна промяна в ъгъла на западане и дебелината ѝ. В случая, това са „Профилна линия II-II“ (фиг.13) и „Профилна линия III-III“ (фиг.14). При така построените профили се наблюдава слабо изменение в ъгъла на наклона по западане на пласта, като варира между 64° и 68° . В такъв случай профилите II-II и III-III могат да се приемат за представителни спрямо определянето на ъгъла на наклона по западане на жилата. Както бе споменато жилата е допроучена с допълнителни експлоатационни сондажи от долнището на всеки хоризонт, като моделът е надграден на база допълващата информация. Върху разрезите на повърхнинния модел на жилата е измерена и дебелината ѝ от 0.7 m в обхвата на хоризонт 610, до около 3.3 m в обхвата на хоризонт 660. Същата е ситуацията и при допълнителните профилни линии по западане. При тях не са установени съществени разлики в дебелината на жилата. При съставянето на модела на полезното изкопаемо съществена роля върху достоверността и точността му е допроучването със сондажи 660-1, 660-2, 660-3 и 660-4.

Заключение

Приложението на възможностите на „**Geotechnical Module**“, като надграждащ модул на **AutoCAD Civil 3D** в условията на подземния добив, дават една солидна софтуерна основа за решаването на редица маркшейдерски задачи. Създаването на База данни, която да управлява геоложката информация, събирана от преки измервания и същевременно да я подготвя във вид, който да отговаря на изискванията на Civil3D, е неизменна част от създаването на цифровия модел на полезното изкопаемо, залягащо в земните недра. Върху този модел, с помощта на специализираните обекти на AutoCAD Civil3D могат да се решават редица задачи и най-вече тези свързани с определянето на елементите на залягане на полезното изкопаемо. Това от своя страна дава отговор на широк спектър въпроси, които касаят количеството запаси, изборът на система на разработване,



инвестиционните вложения и финансовите дивиденди за концесионера при разработването на находището.

Използвана литература

1. Боев. К. 2012. Минна геометрия, Университетско издание Св. Климент Охридски
2. Марков. Л. 2017. Кратка история на рудник „Черно море-2“-гордостта на черноморския въглищен басейн - част 1. С. „Минно дело и геология“, 2-3
3. Христов. И. 1974. Минна геометрия, Държавно издателство „Техника“
4. Чавдарова. И, Д. Венкова, А. Цонков, Маркшайдерско осигуряване при експлоатацията на вертикална шахта „Върба-1“, рудник „Върба-Батанци“, „Горубсо - Мадан“ АД. Осма национална научно-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“



ВЪЗБНОВЯЕМА ЕНЕРГИЯ В МИННАТА ИНДУСТРИЯ: ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ВЪЗМОЖНОСТИ

Мадлена Цветкова*, Румяна Вацева**, Радослав Након***

*Геологически институт – БАН, madlena6648@gmail.com;

**Геологически институт – БАН, rvatseva@gmail.com

***Геологически институт – БАН, radnac@geology.bas.bg

RENEWABLE ENERGY IN THE MINING INDUSTRY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Madlena Tsvetkova*, Rumiana Vatseva**, Radoslav Nakov***

*Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, madlena6648@gmail.com;

**Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, rvatseva@gmail.com

***Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, radnac@geology.bas.bg

ABSTRACT

The mining industry has faced important challenges and opportunities in recent years. On the one hand, it has a crucial role in making the transition to a low-carbon economy possible by providing important raw materials with wide applications for renewable energy and energy systems. On the other hand, the use of renewable energy sources (RES) in the mining industry can improve the environmental impact of the sector. The main objective of this paper is to summarize and systematize the available information on the integration of RES systems in the mining industry in order to solve energy supply problems, to clarify the main challenges and opportunities for optimal applications, and to present operational applications of RES in the mining industry – good global practices.

Keywords: Mining, Renewable energy, Copper mining, Energy integration

Въведение

Минната индустрия е изправена пред интересни предизвикателства и възможности през последните години. От една страна, тя има решаваща роля в осъществяването на прехода към нисковъглеродна икономика, като осигурява важни суровини с широко приложение в секторите на възобновяемата енергия и производството на компоненти за енергийните системи. Но увеличеното производство на минерални суровини води до значително нарастване на потреблението на енергия, а следователно, и до увеличаване на емисиите на парникови газове. От друга страна, използването на възобновяеми енергийни източници (ВЕИ) в производствените дейности на минната индустрия може да доведе до подобряване на въздействието на сектора върху околната среда. Това налага необходимостта от систематизиране и обобщаване на информацията за използването на ВЕИ системи в минната индустрия, както и изясняване на основните предизвикателства и възможности за оптималното им интегриране.

Правната рамка за развитието на чиста енергия във всички сектори на икономиката на Европейския съюз (ЕС) се определя от Директивата за енергията от възобновяеми източници (EU/2023/2413) [12], влязла в сила от 20.11.2023 г., с която се посочва като обща водеща цел за ЕС до 2030 г. енергията от възобновяеми източници да достигне най-малко 42,5%, но усилията да бъдат насочени към постигане на 45%, т.е. удвояване на съществуващия дял на възобновяемите енергийни източници (ВЕИ), възлизал през 2022 г. на 23%. Допълнителното повишаване на целта е свързано с необходимостта от ускоряване на независимостта на ЕС от изкопаеми горива. В подкрепа на тази възможност са и данните, публикувани от Евростат [13], които показват, че след въвеждането на Директивата за енергията от възобновяеми източници (2009/28/ЕС) делът на ВЕИ в потреблението на



енергия в ЕС се е увеличил от 12,5% през 2010 г. на 23% през 2022 г. Най-висок дял в потреблението на ВЕИ има Швеция (66%), следвана от Финландия (47,9 %) и Латвия (43,3%). В България дялът на електроенергията от възобновяеми източници възлиза на 19,09% през 2022 г. Най-ниските дялове на ВЕИ са регистрирани в Ирландия (13,1%), Малта (13,4%), Белгия (13,8%) и Люксембург (14,4%). В доклад относно водещата роля на ЕС в глобален мащаб за използването на енергия от възобновяеми източници, публикуван през 2021 г. [14], се потвърждава, че ЕС вече е световен лидер в разработването и внедряването на технологии в областта на ВЕИ, но въпреки това неговата конкурентоспособност на световните пазари на енергия от възобновяеми източници би могла да бъде допълнително засилена.

Съгласно Европейската зелена сделка [15], енергията от възобновяеми източници е основен стълб на прехода към чиста енергия, тъй като е на ниска цена и е местно производство, което намалява енергийната зависимост на Европа от външни доставчици. Ето защо стремежът на ЕС към увеличаване дела на ВЕИ в енергийния микс се обвързва с нови пакети от мерки, необходими за постигането на тази цел. За ускоряване на прехода на ЕС към чиста енергия се въвеждат по-строги изисквания, за да се гарантира пълноценното използване на всички възможности за по-нататъшно развитие и внедряване на ВЕИ. Това е от ключово значение за постигане на целта на ЕС за неутралност по отношение на климата до 2050 г. и за повишаване на сигурността на енергийните доставки в Европа. С приетите мерки се насърчава и улеснява навлизането на ВЕИ в различни сектори на икономиката, по специално в транспорта, индустрията, енергийните системи, сградния фонд (централно отопление/охлаждане) и използването на електрически транспортни средства. В допълнение се подкрепя създаването на енергийно ефективна, кръгова и възобновяема енергийна система, която улеснява електрификацията, основана на възобновяеми източници, и насърчава използването на възобновяеми горива, включително водород, в сектори като транспорта и индустрията [16].

Основната цел на този доклад е да се обобщи и систематизира достъпната информация за интегрирането на ВЕИ системи в минната индустрия с цел разрешаване на проблеми с енергоснабдяването, да се изяснят основните предизвикателства и възможности за оптимални приложения и да се представят действащи приложения на ВЕИ в медодобивната индустрия – добри световни практики.

Възобновяема енергия – предимства и недостатъци

Възобновяемата енергия се получава от природни енергийни източници, които се обновяват по естествен начин с по-голяма скорост, отколкото се консумират. Тези енергийни източници са навсякъде около нас (слънце, вятър, вода и др.), практически са неизчерпаеми и могат постоянно да се възстановяват [17].

Възобновяемата енергия често се свързва с понятията „зелена“ и „чиста“ енергия, но между тях съществуват определени различия. *Възобновяемата енергия* се създава от естествени ресурси, които се възстановяват с времето (слънчева светлина и топлина, вятър, вода, биомаса и геотермална топлина). *Зелената енергия* е част от възобновяемата енергия, при която използваните ресурси не водят до замърсяване на околната среда, т.е. не всички възобновяеми енергийни източници създават зелена енергия. Например, производството на електроенергия чрез изгаряне на дървесина, която е възобновяем енергиен източник, не е екологично поради отделянето на замърсяващи емисии в атмосферата. *Чистата енергия* се произвежда от възобновяеми източници с нулеви емисии, които не отделят замърсители (напр. въглероден диоксид) в околната среда или представлява енергия, спестена от мерки за енергийна ефективност.

Съществуват различни видове ВЕИ, като всеки от тях има своите предимства и недостатъци (Табл. 1), които зависят от географското положение, климатичните условия, начина на използване и др.



Таблица 1. Видове възобновяеми енергийни източници – предимства и недостатъци

Енергиен източник	Предимства	Недостатъци
Слънце	Неограничен източник; Ниски операционни разходи; Минимален екологичен отпечатък.	Променлив източник; Високи начални разходи; Обширни площи.
Вятър	Изобилен източник; Ниски операционни разходи; Скалируемост (възможност да се променя по размер или мащаб).	Променлив източник; Шумово замърсяване и визуални недостатъци; Въздействие върху дивата природа.
Хидроенергия	Надежден и предвидим източник; Регулируеми мощности; Дълъг живот на инфраструктурата; Ниски емисии.	Разрушаване на речни екосистеми; Екологични последици; Зависимост от местоположението.
Морска енергия (приливи, вълни, течения)	Надежден и предвидим източник; Висока енергийна плътност; Няма емисии на парникови газове.	Високи начални разходи; Ограничени райони за инсталация; Въздействия върху морските екосистеми.
Геотермална енергия	Надежден източник на енергия; Ниски емисии на парникови газове; Приложения за директно отопление и охлаждане.	Високи начални разходи; Ограничение до региони с геотермални ресурси; Потенциал за изчерпване на резервоари; Риск от предизвикана сеизмичност.
Биомаса	Широко наличен източник; Може да използва отпадъчни материали; Може да осигури основно снабдяване с енергия.	Емисии на парникови газове; Обезлесяване.

Слънчевата енергия, генерирана от слънчевата радиация, осигуряваща светлина и топлина от Слънцето за земната повърхност, се определя като зелена (получава се от естествен източник) и чиста (не отделя вредни емисии в околната среда). **Вятърната енергия** е кинетичната енергия на вятъра, преобразувана в електричество във вятърни турбини. Тя е не само зелена (получена от естествен източник) и чиста, но е и скалируема – дава възможност да се разширява, отговаряйки на увеличаващото се търсене, или да се приспособява към променливи условия. **Хидроенергията** е зелена енергия, която е произведена от потенциалната и кинетичната енергия на водата в реки, язовири и др., като може да се генерира и в много малък мащаб (напр. при използване на тръбопроводи). Това е надежден и предвидим възобновяем източник на енергия, но е възможно да не бъде непременно зелен енергиен източник, ако има отрицателно въздействие върху околната среда поради отклоняване на значителна част от естествения воден поток. **Енергията от биомаса** се получава от органичен материал на животни, растения, дървесина и др., като е пример за зелена, но не задължително чиста енергия, тъй като може да води до отделянето на вредни емисии. **Морската енергия** е зелена и чиста механична енергия, получена от движението на приливи и отливи, на вълни или океански течения и използвана за производство на електроенергия, но е необходимо да се внимава по отношение на въздействието върху околната среда. **Геотермалната енергия** също е зелена и чиста енергия, налична като топлина от вътрешността на земната кора, обикновено под



формата на пара или гореща вода, идваща от геотермални източници. Този възобновяем ресурс зависи от местоположението (изисква сондиране за достъп, като по този начин поставя под въпрос въздействието върху околната среда) и за да бъдат напълно „зелени“, процедурите за сондиране трябва да бъдат извършвани екологосъобразно [18,19,20].

Възобновяемите енергийни източници играят ключова роля в съвременния енергиен сектор. Използването им позволява разнообразяване на енергийния микс и намаляване на зависимостта от изкопаеми горива, като същевременно подобрява енергийната сигурност. Чрез увеличаване на относителния дял на ВЕИ, държавите могат да намалят въглеродния си отпечатък в изпълнение на международното Парижко споразумение за климата [21].

Непрекъснатите инвестиции в научни изследвания и развойна дейност в областта на ВЕИ водят до технологичен напредък, което ги прави конкурентоспособни спрямо конвенционалните енергийни източници. Според данни на Международната агенция по енергетика - МАЕ (International Energy Agency - IEA) през 2028 г. се предвижда ВЕИ да представляват над 42% (за сравнение през 2023 г. този дял е 30,2%) от световното производство на електроенергия, а делът на вятърната и слънчевата фотоволтаична енергия да достигне 25% [22]. Въпреки този напредък, все още много държави продължават да разчитат на изкопаеми горива за производство на енергия.

Добри практики за използване на възобновяема енергия в минната индустрия

Интегрирането на ВЕИ в минния сектор през последните години нараства все повече в световен мащаб. Това е продиктувано от увеличаващите се разходи за конвенционална енергия и нуждата от намаляване на въглеродните емисии, тъй като между 4% и 7% от глобалните емисии на парникови газове се отделят от минната индустрия [23]. Системите за възобновяема енергия могат да работят независимо от мрежата, намалявайки зависимостта от пазарите на изкопаеми горива. Слънчевата, вятърната или хибридната енергия често представляват особен интерес за работещи мини в отдалечени райони (изолирани вътрешни, пустинни или полярни райони), където доставките на енергия са трудни и скъпи.

В следващата част са представени добри практики в света за енергийна ефективност в медодобивната индустрия. Този отрасъл има висока енергоемкост и поради това внедряването на различни системи за възобновяема енергия (главно слънчева и вятърна) се използва за подобряване на екологичните характеристики на миннодобивната дейност. Избрани са примери от Чили и Австралия – две от десетте водещи държави в света по производство на мед. Чили е световен лидер в медодобивната индустрия, произвежда около 23% от световния добив на мед, като през 2023 г. са добити 5,3 млн. метрични тона [24]. Австралия заема осмо място сред световните производители на мед и през последните години се наблюдава доста засилен интерес на минните компании към внедряването на възобновяема енергия в сектора.

Проучването на Strazzabosco et al. [11] за използването на ВЕИ в минната индустрия на Австралия показва, че през 2021 г. 7% (27 обекта) от съществуващите мини вече са внедрили или са планирали да внедрят системи за възобновяема енергия. Изследването дава представа за нивото на прилагане на възобновяемите енергийни технологии в австралийската минна индустрия и за тяхното развитие във времето. Съгласно анализирания данни, съществуващата оперативна система от ВЕИ произвежда 121 MW енергия, включваща фотоволтаици и вятърни турбини, съчетани със системата от 58,6 MW акумулаторни батерии. Авторите посочват фотоволтаичните системи като предпочитан ВЕИ, а делът им е оценен на 92% за изследваните 27 мини в страната. Основните причини за този избор са подходящите климатични условия (висока слънчева радиация), гъвкавостта и мащабируемостта на инсталациите, възможността за повторно разгръщане и т.н.

Медно-златната мина **ДеГруса** (DeGrussa) се намира на 900 km североизточно от гр. Пърт в Западна Австралия. В мината се обработват 1,6 млн.т руда с добив от около 300 000 т меден концентрат годишно [25].

От 2016 г. мината разполага с фотоволтаична система, изградена върху площ от 20 ha. Електроцентралата е изградена от 34 080 слънчеви панели, осигуряващи 10,6 MW енергия и система



от 6 MW литиево-йонна батерия. Слънчевата електроцентрала е интегрирана със съществуваща 20 MW дизелова електроцентрала, която захранва подземната мина и рудната обработка. Една от целите на проекта е да спести потреблението на дизелово гориво с около 20%, осигурявайки екологична полза за медната мина, като намали въглеродните емисии на приблизително 12 000 т годишно. Проектът е разработен за период от 2,5 години, демонстрирайки комбинация от слънчево и батерийно съхранение на енергия и техните ползи при прилагането им в отдалечени райони. Успешното изпълнение на дейностите потвърждава и доказва техническите възможности за внедряване на БЕИ в минната индустрия [26, 27].

Чили, като водеща държава в световния добив на мед, притежава 127 от общо 709 медни мини в света, т.е. около 18% според GlobalData за 2023 г. [28], включително най-голямата в света – мина Ескондида. Значителна част от мините са разположени в северната част на страната, която е един от регионите с най-висока слънчева радиация на Земята и разполага с отлични условия за производство на електроенергия от фотоволтаични системи. Съгласно данни, публикувани от BNamericas [29], държавната чилийска медодобивна компания Codelco ще разполага с 85% възобновяема енергия през 2026 г. Сключените договори с американската компания Atlas, канадската Innergex и чилийската Colbun ще осигурят възможност за производството на общо 1 825 GWh/год. електроенергия от БЕИ.

Мина **Ескондида** (*Escondida*) е открита мина за добив на мед, злато и сребро. Тя е най-голямата в света по запаси и производство, като осигурява почти една трета от чилийското и 7% от световното производство на мед. Намира се в пустинята Атакама, в северната част на Чили, на 160 км югоизточно от пристанището Антофагаста, на 3050 m надморска височина. Експлоатацията на мината започва в края на 90-те години на XX в. и се предвижда да продължи до 2078 г., а добитата медна руда през 2022 г. възлиза на около 1,06 млн т. [30, 31].

Преходът на мината към възобновяема енергия е улеснен от местоположението ѝ, което се отличава със значително слънчево греење и силни ветрове. Използването на хибридни системи от вятърни турбини и слънчеви фотоволтаици, и възможността да се допълват при производството на електроенергия, позволява стабилизирано захранване на Ескондида. Като най-голямата медодобивна мина в света, тя има важна роля както в сектора, така и в процесите, свързани с използването на възобновяема енергия. Сериозен проблем за района е недостигът на вода, още повече, че потреблението ѝ при добива на мед е много високо – между 800 и 400 галона/тон руда [10]. Невъзможността за осигуряване на такова количество може да бъде проблем за производствения процес, особено в райони, където водата е оскъден ресурс. В този случай решаващо значение има разработването и внедряването на технологии за оптимизиране на потреблението на вода при процесите на добив на мед. През 2017 г. в Ескондида приключва изграждането на инфраструктура за пренасяне на обезсолена морска вода през пустинята Атакама до резервоарите на мината. Изградени са два 170-километрови тръбопровода, които осигуряват 2500 л/сек. вода за нуждите на мината всеки ден [32].

Мина **Чукикамата** (*Chuquicamata*), наричана за по-кратко Чуки, е най-голямата открита мина в света (по отношение на изкопан обем) за добив на мед и злато [33]. Намира се в северната част на Чили, в пустинята Атакама, на 15 km от гр. Калама, на 2870 m надморска височина. Експлоатира се още от началото на далечната 1910 г. и по данни на GlobalData [34] достига дълбочина над 850 m, като отстъпва само на Бингам Каньон (Bingham Canyon) в САЩ, щата Юта, дълбок над 1200 m. Поради това е наричана също „вековният гигант“.

Мината разполага с първата фотоволтаична система в промишлен мащаб (1 MW мощност), действаща от 2012 г. Отличните местни условия за слънчева радиация заедно с използваната автоматизирана система за управление на фотоволтаичните модули осигуряват възможност инсталацията да произвежда 2900 MWh/год. енергия и планирана мощност от 1,6 TWh/год. между 2026 г. и 2040 г. Изградена на площ от 62 500 m², системата използва общо 4080 фотоволтаични модули [3]. Здравият алуминиев корпус на висококачествено изработените модули им осигурява добра защита в суровите пустинни условия. Съоръжението разполага със система за съхранение, състояща



се от 24 батерии с общ капацитет 1320 Ah и е в състояние да осигури обща мощност от 63,36 kW. [35, 36].

Мина **Лос Пеламбрес** (Los Pelambres) е медна мина, разположена в северната централна част на Чили в регион Кокимбо, на 240 км североизточно от столицата Сантяго. Тук са установени едни от най-големите запаси на мед в света – доказани и вероятни запаси към 2017 г. в размер на 1,2 млрд. т руда, със съдържание 0,06% мед, 0,020% молибден и 0,05% злато. През същата година мината е произвела 343 800 т меден концентрат и 10 500 т молибденов концентрат [37].

Компанията Антофагаста (Antofagasta), управляваща Лос Пеламбрес, започва да използва вятърна и слънчева енергия още през 2014 г., в резултат на което към 2020 г. около 30% от енергийните нужди на мината са от възобновяеми източници. Вятърната електроцентрала „El Arrayan“, разположена в крайбрежната зона на гр. Овале (Ovale), е с мощност 115 MW и се състои от 50 броя (2,3 MW) 80-метрови пилони. През 2021 г. компанията компенсира около 375 млн. т CO₂ емисии [38, 39]. В допълнение, от 2015 г. мината разполага с капацитет от 69,5 MW електроенергия от фотоволтаичния комплекс „Javiara“, изграден на площ от 180 ha с 224000 панела [40].

Тези проекти са част от по-широка стратегия на компанията Антофагаста за намаляване на емисиите на парникови газове и подобряване на енергийната ефективност на осъществяваната производствена дейност. Компанията е внедрила система за енергиен мониторинг, за да оптимизира потреблението на енергия и да управлява ефективно въздействието върху околната среда.

Предизвикателства и възможности за използване на възобновяема енергия в минната индустрия

Едно от основните предизвикателства пред минната индустрия е да продължи да осигурява минералите, необходими за развитието на световната икономика, като същевременно се присъедини с дейността си към намирането на решения за справяне с климатичните промени. Това изисква цялостно трансформиране на отрасъла и преосмисляне на неговата структура, оперативни процеси, потребление на енергия и въглеродни емисии.

По отношение на оперативните дейности, в литературата [2, 5, 6, 9] се акцентира върху два водещи фактора: намаляващата концентрация на рудата и нарастващото потребление на енергия. Степента на намаляване на концентрацията на рудите и тяхното изчерпване оказва съществено въздействие върху минната дейност. От една страна, изчерпването на рудите означава, че минните компании се насочват към търсене на ресурси, които са по-отдалечени и/или на по-голяма дълбочина. От друга страна, намаляващата концентрация на рудата изисква извличането и обработката на повече скален материал за добиване на същото количество руда, а това е свързано с повишаване количествата на използваната енергия и емисиите на парникови газове. Данните [7] показват, че намаляване на съдържанието на медна руда между 0,2% до 0,4% увеличава седем пъти енергийната консумация. Конкретно за Чили се посочва [4], че средното съдържание на мед намалява от 1,0% през 2008 г. на 0,8% през 2017 г., но през същия период потреблението на енергия се е увеличило с около 50%.

Енергията е един от най-значимите разходи за минната индустрия, съставляващ средно около 15%–40% от общите оперативни разходи, като се очаква до 2035 г. търсенето на енергия за минните дейности да нарасне с до 36% [8]. При това трябва да се вземе под внимание както високия дял на енергийните разходи, така и факта, че голяма част (57%) от потребяваната енергия произхожда от изкопаеми горива, в т.ч. 33% от петролни продукти, 13% от въглища и 11% от природен газ (по данни за 2015 г.) [1]. Ето защо отрасълът се свързва с отделянето на значителни емисии парникови газове. В този смисъл главното предизвикателство е въвеждането на технологични промени, които да стимулират декарбонизацията на минния сектор, включително повишаване на енергийната ефективност и намаляване на използването на изкопаеми горива.

През последните години ясно се наблюдава непрекъсната възходяща тенденция за използване на ВЕИ в минната индустрия и въпреки че това не е нещо ново, то все още не е силно застъпено. Много страни, приели международната цел за постигане на нетни нулеви емисии до 2050 г., започват да намаляват инвестициите в сфери, свързани с въглерода, и увеличават развитието на технологии и



приложения, използвани за енергийна трансформация. Това, от своя страна, стимулира търсенето на големи количества минерални суровини и може да превърне предизвикателствата във възможности за развитие на отрасъла. Разрастващият се пазар насърчава въвеждането в мините на нови технологии, поддържащи декарбонизация, включително производство на вятърна и слънчева фотоволтаична енергия, използване на електрически транспортни средства и съхранение на енергия. Дълбоката декарбонизация също е възможна с използването на зелен водород и биомаса. Интензивното използване на възобновяема енергия в минния отрасъл може да помогне за намаляване на производствените разходи и съответно, за смекчаване на въздействието върху околната среда. Това се случва по естествен път, тъй като разходите за БЕИ непокъснато намаляват и вече стават по-ниски от тези за конвенционалните технологии.

Интегрирането на БЕИ в производствените дейности предлага на компаниите и други възможности, които не са само за декарбонизиране на операциите, но и за понижаване на разходите, за подобряване на безопасността и надеждността, за устойчивост и намаляване на рисковете, свързани с нестабилността на изкопаемите горива. С възобновяема енергия могат да се реализират допълнително вторични ефекти, например стимулиране на местното икономическо развитие, подобряване на социалната политика на компанията и създаване на споделена стойност.

Всяко сериозно усилие за постигане на декарбонизация на мините изисква много капиталови инвестиции, но отделни мерки, като използването на възобновяема енергия, електрификация и оперативна ефективност, са икономически достъпни, необходими и осъществими днес за голяма част от мините. Друга приоритетна възможност е постепенното обновяване и осигуряване на електрическо оборудване.

В бъдеще осъществимостта на конкретните действия по декарбонизация може да се промени, но понастоящем могат да се предприемат следните основни действия за ефективно моделиране и проектиране на БЕИ системи в минната индустрия [9]:

- подобряване на моделите за търсене на енергия;
- включване на различни енергийни възможности (вектори) в анализа;
- интегриране на управлението на водите в енергийния модел;
- интегриране на управлението на текущи дейности;
- проектиране на бъдещи дейности и интегрирането им в модела;
- включване на оценка за въздействието върху околната среда.

Възможностите за изграждане на БЕИ са специфични в зависимост от конкретната мина, нейните оперативни дейности, местоположение спрямо БЕИ и енергийни изисквания, но са важна част от общите усилия за ефективни действия относно изменението на климата.

Заключение

Съществува много висок потенциал за сътрудничество между минната индустрия и БЕИ технологиите. В подкрепа на това твърдение е фактът, че докато преди 2000 г. в дейността на мините почти не се използват системи за възобновяеми енергийни източници, то през последните години се наблюдава значителен ръст в разработването и интегрирането на БЕИ и само в периода 2008 -2019 г. се регистрира увеличение от 42 MW/год. на 3397 MW/год. По-голямата част от системите, изградени след 2019 г. са хибридни и комбинират вятърна или слънчева енергия с модули за съхранение на енергията и други технологии, които много често са базирани на изкопаеми горива, за да се допълва генерираната възобновяема енергия.

В доклада са представени в синтезиран вид предимствата и недостатъците на възобновяемата енергия. Обобщена е информация за действащи приложения на БЕИ в медодобивната индустрия – добри практики в Чили и Австралия. Те разкриват оползотворяване на възможностите за разработване на БЕИ технологии за сектора. Интензивното използване на възобновяема енергия при производствените дейности в минната индустрия може да помогне за смекчаване на свързаните с това енергийни разходи и въздействието върху околната среда.



Благодарности

Тази работа е осъществена с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания” - МОН по Договор № КП–06–КОСТ–3/17.05.2022 г. за изпълнение на COST акция CA20109 с тема „MODULAR ENERGY ISLANDS FOR SUSTAINABILITY AND RESILIENCE (MODENERLANDS)”.

Литература

- [1] Alova, G. 2018. Integrating renewables in mining: Review of business models and policy implications. OECD Development Policy Papers, No. 14, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5bbcdeac-en>
- [2] Behar O, Pena R, Kouro S, Kracht W, Fuentealba E, Moran L, Sbarbaro D. 2021. The use of solar energy in the copper mining processes: A comprehensive review. Clean. Eng. Technol., Volume 4 (2021), 100259, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100259>
- [3] Choi, Y., Song, J. 2017 Review of photovoltaic and wind power systems utilized in the mining industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 75, 1386-1391, ISSN 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.127>
- [4] Cochilco. 2017. Yearbook: Copper and the Mineral Statistics. Santiago de Chile
- [5] Haas J, Moreno-Leiva S, Junne T, Chen PJ, Pamparana G, Nowak W, Kracht W, Ortiz JM. 2020. Copper mining: 100% solar electricity by 2030? Applied Energy, Volume 262 (2020), 114506, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114506>
- [6] Igogo T, Awuah-Offei K, Newman A, Lowder T, Engel-Cox J. 2021. Integrating renewable energy into mining operations: Opportunities, challenges, and enabling approaches. Applied Energy, Volume 300 (2021), 117375, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117375>
- [7] Lezak S, Cannon C, Blank K. Low-Carbon Metals for a Low-Carbon World: A New Energy Paradigm for Mines. Tech. Rep., Rocky Mountain Institute; 2019.
- [8] Maennling N, Toledano P. 2018. The renewable power of the mine. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3661616>
- [9] Moreno-Leiva S, Haas J, Junne T, Valencia F, Godin H, Kracht W, Nowak W, Eltrop L. 2020. Renewable energy in copper production: A review on systems design and methodological approaches. Journal of Cleaner Production, Volume 246 (2020), 118978, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118978>
- [10] Singh, M. 2010. Water Consumption at Copper Mines in Arizona. Arizona Department Of Mines And Mineral Resources, 3 pp. <https://www.patagoniaalliance.org/wp-content/uploads/2014/08/Water-Consumption-at-Copper-Mines-in-Arizona.pdf>
- [11] Strazzabosco, A., Gruenhagen, J.H., Cox S. 2022. A review of renewable energy practices in the Australian mining industry. Renewable Energy Vol. 187, 135-143 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.021>
- [12] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1699364355105>
- [13] <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231222-2>
- [14] <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8a9b9147-3aeb-11ed-9c68-01aa75ed71a1/language-en>
- [15] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [16] https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en#the-revised-directive
- [17] <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>
- [18] https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Glossary:Renewable_energy_sources
- [19] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/renewable-energy#TheDevelopmentofRenewableEnergy>
- [20] <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>
- [21] <https://www.consilium.europa.eu/bg/policies/climate-change/paris-agreement/>
- [22] <https://www.iea.org/>
- [23] <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/sustainability-blog/here-is-how-the-mining-industry-can-respond-to-climate-change>



- [24] <https://www.statista.com/statistics/264626/copper-production-by-country/>
- [25] <https://www.sandfire.com.au/where-we-operate/degrussa/> <https://www.dmp.wa.gov.au/Investors/Case-study-2-1675.aspx>
- [26] <https://arena.gov.au/projects/degrussa-solar-project/>
- [27] https://www.pv-magazine.com/2016/06/08/australias-largest-offgrid-array-reaches-full-operation_100024875/
- [28] <https://www.mining-technology.com/data-insights/ten-largest-coppers-mines/?cf-view>
- [29] <https://www.bnamerica.com/en/news/codelco-ups-renewable-energy-supply-in-push-for-sustainable-copper-production>
- [30] <https://www.mining-technology.com/projects/escondida/?cf-view>
- [31] <https://www.mining-technology.com/marketdata/five-largest-copper-mines-chile>
- [32] <https://www.mining-technology.com/projects/escondida/?cf-view>
- [33] <https://www.mining-technology.com/projects/chuquicamata-copper/?cf-view>
- [34] <https://www.mining-technology.com/features/feature-top-ten-deepest-open-pit-mines-world>
- [35] <https://www.pv-magazine-latam.com/2017/10/18/chile-se-cumplen-cinco-anos-desde-que-se-inauguro-la-primera-planta-a-gran-escala/>
- [36] https://www.pv-magazine.com/press-releases/solarmax-delivers-pv-inverters-for-the-largest-copper-mine-in-the-world_100015469/#axzz3DhIZKeb9
- [37] https://www.mining-technology.com/projects/minera_los/
- [38] <https://internationalcopper.org/resource/antofagastas-copper-production-powered-by-100-percent-renewable-energy/>
- [39] https://www.thewindpower.net/windfarm_en_21672_el-arrayan.php
- [40] <https://www.atlasrenewableenergy.com/projects>



ЕЛАЦИТЕ МЕД

ГРУПА ГЕОТЕХМИН

„Елаците-Мед“ АД, част от Група ГЕОТЕХМИН, е водеща минна компания в България, която осъществява открит добив и първична преработка на меднопорфирни златосъдържащи руди от находище „Елаците“.

Дружеството оперира на две работни площадки - Рудодобивен комплекс, гр. Етрополе и Обогатителен комплекс, с. Мирково.

„Елаците-Мед“ АД е един от големите инвеститори, данъкоплатци и работодатели в България.

Днес в компанията работят над 2000 служители.

Едни от най-важните приоритети на дружеството са: оптимално използване на природните ресурси, иновации, подобряване на показателите за безопасност, отговорни инвестиции в околната среда и корпоративна социална отговорност.

„Елаците-Мед“ АД е сертифицирано по международните стандарти ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 и ISO 50001:2018.

УПРАВЛЕНИЕ

с. Мирково 2086, Тел: (02) 923 77 21,
e-mail: office@ellatzite-med.com

РУДОДОБИВЕН КОМПЛЕКС

гр. Етрополе 2180, Тел: (02) 923 76 72,
e-mail: mine.complex@ellatzite-med.com

ОБОГАТИТЕЛЕН КОМПЛЕКС

с. Мирково 2086, Тел: (02) 923 77 29,
e-mail: flotation.complex@ellatzite-med.com

