

УДК 504.060:574.528.7

## КОСМІЧНИЙ МОНИТОРИНГ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Трофимчук О. М., Радчук В. В., Охарєв В. О., Шумейко В. О.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН  
України, Київ 186, Чоколівський бульвар 13, shym1983@mail.ru

За допомогою технології дистанційного зондування Землі і можливостей геоінформаційних систем створено базу геоданих атомних електростанцій та запропоновано новий метод моніторингу екологічного стану навколишніх територій. *Ключові слова:* Дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи, база геоданих, атомні електростанції.

**Космический мониторинг и гис технологии для мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций на объектах атомной энергетики.** С помощью технологии дистанционного зондирования Земли и возможностей геоинформационных систем создана база геоданных атомных электростанций и предложен новый метод мониторинга экологического состояния окружающих территорий. *Ключевые слова:* дистанционное зондирование Земли, геоинформационные системы, база геоданных, атомные электростанции.

**Space monitoring and gis technologies for monitoring and forecasting emergencies at nuclear power facilities.** With the technology of remote sensing and geographic information systems created opportunities geodatabase nuclear power plants and a new method of monitoring the ecological state of the surrounding areas. *Keywords:* remote sensing, geographic information systems, geo-database, nuclear power plants.

На сьогодні енергетична безпека остаточно перетворилась на одну з найважливіших складових національної безпеки України. Величезна енергоємність національної промисловості та житлово-комунальної сфери ставлять державу в залежність від імпортованих паливних ресурсів – у першу чергу, природного газу та нафтопродуктів. При цьому через військовий конфлікт на Сході України різко знизилась об'єми постачання кам'яного вугілля. Ці фактори в сукупності загрожують енергетичній безпеці держави і суттєво підвищують значення ще од-

ного важливого сегмента паливно-енергетичного комплексу – атомної енергетики. Але внаслідок катастроф у Чорнобилі (1986 р.) та Фукусимі (2011 р.) значна кількість лідерів суспільної думки в світі стала опонентами розвитку цієї галузі, через масштаби екологічної катастрофи внаслідок надзвичайних ситуацій на АЕС. Для України це питання є надзвичайно актуальним адже наслідки аварії на Чорнобильській АЕС значної частки атомної енергетики в структурі ПЕК України (на сьогодні 48,4%) наша держава увійшла в число світових лідерів з використання

цього виду енергії. В статті аналізуються загрози екологічній безпеці України, що можуть спричинити надзвичайні ситуації на об'єктах атомної енергетики України.

### Викладення основного матеріалу.

З еколого-економічної точки зору атомна енергетика має наступні переваги перед іншими складовими ПЕК:

- порівняно дешева вартість електроенергії;
- мінімальний вплив на довкілля, якщо АЕС працює в штатному режимі;
- значні запаси на території України уранових руд, які є первинною сировиною для виробництва ядерного палива;
- можливість збільшення потужності АЕС за рахунок добудови нових енергоблоків.

До недоліків цього виду виробництва електроенергії можна віднести такі:

- дуже висока вірогідність масштабної техногенної катастрофи у випадку аварії на АЕС, радіаційне забруднення величезних площ, необхідність евакуації мільйонів людей;
- висока вартість та значні часові витрати на побудову енергоблоку;
- відсутність в Україні повного циклу ядерного виробництва; готові «касети» з ядерним паливом «Енергоатом» імпортує з Російської Федерації (концерн «ТВЭЛ») або зі Сполучених Штатів Америки (фірма «Westinghouse»).

Атомна енергетика в Україні представлена чотирма працюючими і однією закритою електростанціями, роз-

ташованими в західній, центральній та південній частинах держави:

- Чорнобильська (1977 – 2000 рр.) знаходиться в північній частині Київської області. В 1986 р. на 4-му енергоблоці сталась аварія, що призвела до масштабного радіаційного забруднення екосистем на території України, Білорусії та Росії, великої кількості людських жертв та необхідності створення зони безумовного відселення навколо станції. Катастрофа також призвела до нового напрямку в українській науці - екологічні наслідки аварії були ґрунтовно досліджені в сотнях монографій, статей, дисертаційних робіт. Зокрема, детально проаналізовано закономірності розповсюдження радіації залежно від метеоумов та клімату, особливості розподілення радіоактивних ізотопів у ґрунтах та забруднення ними водних ресурсів. Деякі з напрацювань використані авторами при підготовці цієї публікації;

- Рівненська (працює з 1980 р.) знаходиться біля м. Кузнецовськ на північному заході Рівненської області. Єдина АЕС в Україні з водо-водяними ядерними реакторами;

- Південноукраїнська (працює з 1982 р.) знаходиться біля м. Южноукраїнськ на півночі Миколаївської області. Є основним виробником електроенергії для Одеської, Миколаївської та Херсонської областей;

- Запорізька (працює з 1984 р.) розташована біля м. Енергодар в Запорізькій області, неподалік від обласного центру. На сьогоднішні вона має шість енергоблоків, що робить її найбільшою атомною електростанцією в Європі. АЕС є ключовою складовою Запорізького енергоузла, спрямованого на обслуговування важкої промисловості – зокрема, підприємств чорної та

кольорової металургії, що розташовані в цьому регіоні;

- Хмельницька (працює з 1987 р.) знаходиться біля м. Нетишин на кордоні Хмельницької та Рівненської областей. Разом з Рівненською АЕС є основним виробником електроенергії для Західноукраїнського регіону.

Для дослідження екологічної ситуації в зоні розташування атомних електростанцій України було створено базу геоданих атомних електростанцій України та сусідніх держав, які можуть здійснювати вплив на екологічну ситуацію в нашій державі (рис.1).

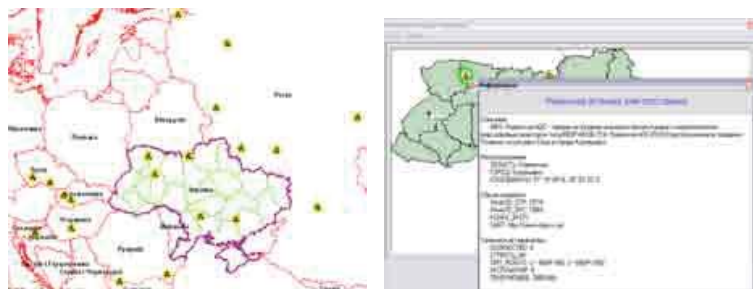


Рис. 1. База геоданих АЕС України та сусідніх держав

З використанням даних ДЗЗ високої просторової роздільної здатності було проведено детальне дешифрування

знімків АЕС (визначення їх основних елементів) (рис. 2).



Рис. 2. Приклад дешифрування АЕС

Виявлення та оцінка радіаційної обстановки виконується поетапно та різноманітними методами:

- до виникнення аварії – методом завчасного прогнозування;
- безпосередньо після виникнення аварії – методом оперативного прогнозування;

- після забруднення місцевості – методом тематичного дешифрування даних ДЗЗ та формуванням зон забруднення.

Оцінку радіаційного стану до виникнення та безпосередньо після виникнення аварії (на початковому ета-

пі) можна проводити за допомогою використання ГІС.

ГІС дозволяють:

- з'ясувати та наносити графічно на карту будь-якого масштабу зони радіоактивного забруднення внаслідок аварії на АЕС та зони радіаційного захисту (відчуження, тимчасового перебування, обмеження та жорсткого радіаційного контролю);
- з'ясувати можливу потужність дози випромінювання та слід хмари;
- розраховувати час початку формування сліду після аварії;
- визначити населені пункти, які можуть потрапити в зони помірного (зона А), сильного (зона Б), небезпечного (зона В) та надзвичайно небезпечного (зона Г) забруднення. Початковими даними для розрахунку є:

- координати АЕС;
- електрична потужність аварійного реактора та їх кількість;
- відсоток викиду радіоактивних речовин з реактора;
- час аварії (години, хвилини, число, місяць);
- швидкість вітру у приземному шарі та його напрям;
- швидкість вітру на висоті 10 метрів для визначення категорії атмосфери та його напрям;
- карта місця подій в електронному вигляді.

Розрахунок можливих зон забруднення проводять за даними, які внесені у базу геоданих ГІС згідно посібника з оцінки та виявлення радіаційної обстановки при аваріях на АЕС [1]. Наносять зони безпосередньо на робочу поверхню карти (рис. 3).



Рис. 3. Моделювання зон радіаційного забруднення у випадку аварії на Хмельницькій АЕС

Для оцінки екологічного стану забрудненої радіонуклідами території використовують методи тематичного дешифрування даних ДЗЗ з визначенням впливу на навколишнє середовище (атмосферу, водні об'єкти, рослинність) [2].

Дослідницькі завдання включають: попередню обробку супутникових та наземних даних, оцінку ризику вторинного викиду радіонуклідів внаслідок пожежі на забрудненій території, розливу водойм-охолоджувачів, аналіз

екологічного стану рослинності та ґрунтового покриву в зоні радіонуклідного забруднення.

Аварія на АЕС характеризується викидом радіонуклідів в атмосферу з підвищенням температури повітря. Для цього використовували космічні знімки з КА "LANDSAT", "TERRA".

Для визначення напрямків міграції радіонуклідів у ґрунтовому покриві запропоновано метод ідентифікації природного трасера – вміст гумусу (рис. 4).



Рис. 4. Визначення напрямків міграції радіонуклідів у ґрунтового покриві

Для оцінки ризику вторинного викиду радіонуклідів були використані автоматизовані алгоритми класифікації космічних знімків "LANDSAT" (аналіз рослинного покриву та водних об'єктів) з визначенням різних вегетаційних індексів (рис. 5) [3].

Для оцінки ризику вторинного викиду радіонуклідів внаслідок пожежі на забрудненій території проведено класифікацію рослинного покриву та виявлено ділянки пошкоджених насаджень (сухостоїв) – найвища ймовірність виникнення пожеж.



Рис. 5. Класифікація рослинного покриву

Для оцінки ризику вторинного викиду радіонуклідів внаслідок розливу водойм-охолоджувачів (прориву дамби) необхідно проводити моніторинг

паводкової ситуації (визначення кількості опадів та температурного режиму) з використанням ЦМР (рис. 6).

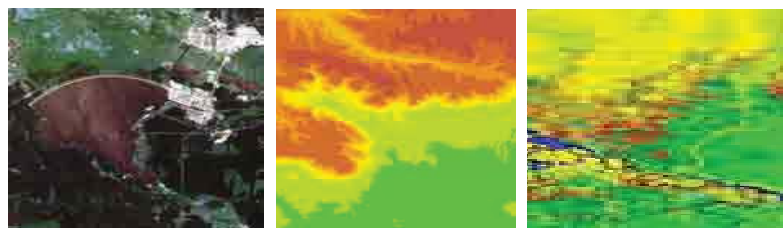


Рис. 6. Прогноз ризиків вторинного викиду радіонуклідів внаслідок розливу водойм-охолоджувачів

### Висновки

В результаті проведених досліджень визначено ареали можливого розповсюдження радіоактивних речовин внаслідок виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті атомної енергетики.

Для оцінки потенційного впливу необхідно враховувати такі фактори:

- об'єм викиду радіоактивних речовин з аварійного реактора;
- специфіка розподілення радіоактивних речовин в довкіллі, а саме швидкість, напрям та масштаб їх переносу;

- показники радіаційного забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення та лісових угідь;
- показники вмісту радіонуклідів у водних ресурсах;
- показники радіаційного контролю населення.

Використання технологій ДЗЗ та ГІС для оцінки впливу об'єктів атомної енергетики на навколишнє середовище та здоров'я населення є важливим інструментом забезпечення екологічної стабільності регіону та України в цілому, і дозволяє вийти на новий якісний рівень у забезпеченні екологічної безпеки потенційно забруднених радіонуклідами територій.

### Література

1. "Посібник з оцінки та виявлення радіаційної обстановки при аваріях (руйнуваннях) атомних станцій" 1991 р.
2. Лялько В.И. «Зеленый Щит» против радионуклидов. Классификация растительного покрова зоны отчуждения ЧАЭС по данным многозональной космической съемки / В.И. Лялько, А.И. Сахацкий, З. М. Шпортюк, О.М. Сибирцева, А.Я. Ходоровский, А.Т. Азимов / Вестник НАН Украины. - 2008, № 4. - С.23 - 28.
3. Многоспектральные методы дистанционного зондирования Земли в задачах природопользования: монография / [под ред. В.И. Лялько, М. А. Попова]. - К.: Наук. мысль, 2006. - 360 с.

## РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ

УДК 502.75:332.3

### ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИМ ФОНДОМ МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ

Третяк А. М., Юрченко А. Д.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,  
treyak2@ukr.net

Проведено аналіз сучасного порядку оформлення охоронних зобов'язань на території та об'єкти природно-заповідного фонду, для управління якими створюються спеціальні адміністрації. Обґрунтовано пропозиції щодо вдосконалення організаційно-правового механізму взаємовигідних відносин суб'єктів землекористування, на землях яких оголошені природоохоронні території місцевого значення з відповідними державними органами управління природно-заповідним фондом. *Ключові слова:* режим охорони територій, об'єкти природно-заповідного фонду, охоронні зобов'язання, власники земельних ділянок, землекористувачі, використання земель, економічні механізми, управління землекористуванням.

**Совершенствование организационно-правового механизма управления природно-заповедным фондом местного значения.** Третяк А. Н., Юрченко А. Д. Проведен анализ современного порядка оформления охранных обязательств на территории и объекты природно-заповедного фонда, для управления которыми создаются специальные администрации. Обоснованы предложения по совершенствованию организационно-правового механизма взаимовыгодных отношений субъектов землепользования, на землях которых объявлены природоохранные территории местного значения с соответствующими государственными органами управления природно-заповедным фондом. *Ключевые слова:* режим охраны территорий, объекты природно-заповедного фонда, землепользователи, охранные обязательства, собственники земельных участков, пользование земель, экологические механизмы, управление землепользованием.

**Regarding the improvement of organizational and legal mechanism for management of natural reserve fund of local importance.** Tretyak A., Yurchenko A. An analysis of the current procedures for obtaining security obligations in the territory and objects of natural reserve fund to be controlled, special administration. Substantiated proposals for improving organizational and legal mechanism of mutual relations of land use on lands which are declared protected areas of local importance, with the national authorities the nature reserve fund. *Keywords:* mode of protection and conservation areas and the nature reserve of local significance, security commitments owners

В Україні налічується 7388 територій та об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення. Їх загальна площа становить 1,5 млн га. Відповід-

но до норм ст.ст. 26, 28, 30, 38 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» території та об'єкти природно-заповідного фонду місцевого значення включають заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, більшість парків – пам'яток садово-паркового мистецтва, частину регіональних ландшафтних парків, які не вважаються природоохоронними установами і забезпечення режиму охорони та збереження їх територій покладатися на власників або користувачів земельних ділянок, в межах яких знаходяться ці території та об'єкти. Визначення режимів охорони та збереження територій та об'єктів природно-заповідного фонду здійснюється у формі охоронних зобов'язань. Ця форма успадкована з радянських часів, коли існувала виключно державна форма власності на землю та інші природні ресурси, а також домінували соціально-економічні відносини відмінні від ринкових.

Зобов'язання для землекористувачів щодо охорони і збереження ними територій та об'єктів природно-заповідного фонду оформляються у вигляді охоронних зобов'язань, які готуються спеціально уповноваженими природоохоронними органами влади, здійснюють реєстрацію охоронних зобов'язань та розсилають їх із супровідним рекомендованим листом і повідомленням про вручення суб'єктам права на землю, оголошену природоохоронною територією [1]. Багаторічна практика свідчить, що такі правовідносини формальні, лише імітують активну природоохоронну діяльність, наносять шкоду суспільним інтересам та інтересам місцевих жителів та територіальних громад. Одночасно, стабільний розвиток природоохоронної ді-

яльності, зокрема мережі територій та об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення в поєднанні з розв'язанням проблем формування культурних ландшафтів в сільській місцевості, створює базові (пріоритетні) умови для зростання ресурсного потенціалу регіонів країни.

Тому наукове обґрунтування змін організаційно-правових та соціально-економічних механізмів підвищення ефективності державного управління у цій сфері є своєчасним і актуальним.

**Метою статті** є дослідження проблем організаційно-правового механізму збереження, відтворення та використання територій і об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення.

#### Результати досліджень

Будь-яка територія природно-заповідного фонду, якщо вона не передана в постійне користування спеціальної адміністрації по управлінню нею, відповідно до норм цивільного та земельного законодавства повинна розглядатись як обмеження прав. Обмеження у використанні земель (крім обмежень, безпосередньо встановлених законом та прийнятими відповідно до них нормативно-правовими актами) підлягають державній реєстрації в Державному земельному кадастрі у порядку, встановленому законом, і є чинними з моменту проведення реєстрації (ст.ст. 111, 112 Земельного Кодексу України). Відомості про обмеження у використанні земель, які реєструються у Державному земельному кадастрі, обґрунтовуються у проектах землеустрою щодо відведення земельних ділянок, у технічній документації із землеустрою щодо встановлення

(відновлення) меж земельної ділянки, у кадастрових планах земельних ділянок, в іншій документації із землеустрою, яка схвалюється в будь якій формі. Обтяження прав на земельні ділянки (крім обтяжень безпосередньо встановлених законом) підлягають державній реєстрації в Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно у порядку, встановленому Законом.

На сьогодні лише для близько 10 відсотків територій природно-заповідного фонду мають бути встановлені межі на місцевості. Обмеження і обтяження у використанні земельних ресурсів визначені і зареєстровані в державному земельному кадастрі для менш ніж 1 % конкретних територій природно-заповідного фонду.

Більшість земель територій і об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення не вилучається у землекористувачів і власників землі. Частиною п'ятою ст. 12 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» передбачено, що управління територіями та об'єктами природно-заповідного фонду, для яких не створюються спеціальні адміністрації, здійснюється підприємствами, установами та організаціями, у віданні яких перебувають ці території та об'єкти. Законом (ст.ст. 26, 28, 30, 38) власники або користувачі земельних ділянок, водних та інших природних об'єктів, оголошених заказниками, пам'ятками природи, заповідними урочищами, парками-пам'ятками садово-паркового мистецтва беруть на себе зобов'язання щодо забезпечення режиму їх охорони та збереження з оформленням охоронних зобов'язань.

У 2013 році затверджено Інструкцією щодо оформлення охоронних зо-

бов'язань на території та об'єкти природно-заповідного фонду [2]. Цією інструкцією продовжено практику адміністрування в управлінні територіями природно-заповідного фонду місцевого значення, для яких Мінприроди України не створює спеціальні адміністрації. Охоронне зобов'язання розглядається як певний відомчий документ, який оформляється і реєструється уповноваженим органом, під яким розуміється місцевий орган виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища.

Ключове місце в охоронному зобов'язанні відведено переліку зобов'язань, які покладаються на землекористувача (землевласника) стосовно забезпечення ним режиму охорони і збереження відповідних територій та об'єктів природно-заповідного фонду. На наш погляд, зобов'язання не можуть бути обов'язковими для відповідних суб'єктів права на землю, оскільки вони лише декларуються і не конкретизуються для природних умов відповідних територій. Режим охорони і збереження та відтворення природних комплексів чи їх окремих компонентів для конкретних територій та об'єктів природно-заповідного фонду не реєструються як система обмежень (обтяжень) у державному земельному кадастрі відповідно до частини п'ятої ст. 7 Закону України «Про природно-заповідний фонд України».

Охоронне зобов'язання по суті є одностороннім договором, відповідно до якого землевласник чи землекористувач (перша сторона) повинен взяти на себе обов'язки перед другою стороною (уповноваженим органом влади) вчиняти певні дії або утримуватись від них, а друга сторона – уповноважений орган виконавчої влади

наділяється лише правом вимоги без виникнення зустрічних обов'язків щодо першої.

Охоронні зобов'язання не містять конкретних умов, узгоджених сторонами. Так, декларуються зобов'язання «дотримуватись встановленого режиму для території об'єкта природно-заповідного фонду; не здійснювати забороненої господарської діяльності; вживати заходи щодо попередження і

ліквідації екологічних наслідків аварій та шкідливого впливу; забезпечити охорону та збереження цінних природних комплексів». Для конкретних територій природно-заповідного фонду місцевого значення залежно від їх походження, ландшафтної структури є притаманні лише для кожної з них специфічні об'єкти збереження, для яких повинен встановлюватись відповідний режим охорони.

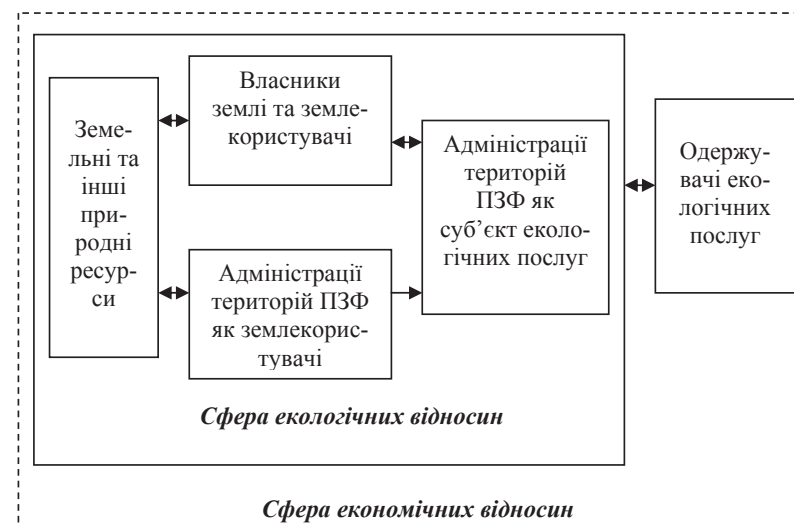


Рис 3. Логічно-смысловая модель поняття сутності економічних та екологічних відносин природоохоронного землекористування екологічних. Відповідно відносини прав на землю та інші природні ресурси повинні вибудовуватись як ринково-орієнтовані із врахуванням інтересів держави, територіальних громад, юридичних осіб та громадян. Це зумовлює необхідність виробити ринково-орієнтовані земельні та екологічні відносини щодо землекористування територій природно-заповідного фонду.

Форма і зміст охоронного зобов'язання суперечать нормам цивільного і земельного законодавства. На наш погляд, відносини уповноважених органів влади з конкретними суб'єктами права на землю повинні будуватись на договірних засадах

шляхом укладання двосторонніх договорів. При цьому істотні умови договору мають визначатись на розсуд сторін, погоджуватись ними та бути обов'язковими для виконання цими сторонами. У договорі також повинні зазначатись умови, які є

обов'язковими відносно актів цивільного законодавства. У договорах щодо забезпечення охорони і збереження території природно-заповідного фонду місцевого значення необхідно визначити строки їх дії, умови настання чинності, обставини зміни прав та обов'язків, підстави для зміни або розірвання зобов'язань.

Виконання зобов'язань суб'єктів права на землю щодо забезпечення природоохоронного режиму і збереження цінних природних комплексів, які мають місце на природоохоронній території, зумовлює обмеження права землекористувача (землевласника) на здійснення ефективної прибуткової господарської діяльності, зменшує вартість земельної ділянки, викликає необхідність витрачання коштів на попередження шкідливого зовнішнього впливу на територію (об'єкт) природно-заповідного фонду та його охорону. У зв'язку з цим у двосторонньому договорі мають передбачатись фінансові умови його реалізації.

Сутність економічних та екологічних відносин природоохоронного землекористування можна сформулювати як ефективність організації сукупності відповідних видів суспільної життєдіяльності, які здійснюються на конкретній території із залученням земельно-господарського та природно-ресурсного фактора в будь-якій формі та на відповідних правах, у різних масштабах і з різним

функціональним змістом у процес економічних, екологічних відносин суб'єктів землекористування (рис.3). Їх рівень визначається ступенем розвитку виробничих сил, станом земельного та природно-ресурсного факторів і характером суспільних відносин, у тому числі й земельних.

### Висновки

Запроваджений наказом Мінприроди від 25.02.13 № 65 механізм оформлення охоронних зобов'язань на території та об'єкти природно-заповідного фонду не узгоджується з сучасними ринковими соціально-економічними відносинами, суперечить нормам цивільного і земельного законодавства. Відносини уповноважених природоохоронних органів влади з суб'єктами права на землю, де розташовані території і об'єкти ПЗФ місцевого значення, щодо забезпечення режиму їх охорони і збереження цінних природних комплексів повинні визначатись законодавчо-нормативними актами шляхом встановлення та державної реєстрації у земельному кадастрі територіальних природоохоронних обмежень (обтяжень) у використанні земель та інших природних ресурсів або у двосторонніх договорах відповідно до норм цивільного законодавства.

### Література

1. Інструкція щодо оформлення охоронних зобов'язань на території та об'єкти природно-заповідного фонду: затв. Мінприроди України 25.02.13, № 65;
2. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» // [Електрон. ресурс]. Документ 2456-12, чинний, редакція від 26.04.2014. Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/go/2456-12
3. Земельний кодекс України [Електрон. ресурс] Закон від 25.10.2001 № 2768-III, редакція від 06.09.2014. – Режим доступу : zakon.rada.gov.ua/go/2768-14.

## ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО

УДК 504.4:551.66.023

### ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ТВЕРДОЙ ВЗВЕСИ ФОСФОГИПСА В ПОТОКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Ивашенко Т. Г.

Государственная экологическая академия  
последипломного образования и управления  
ул. Митрополита Василия Липковского, 35, 03035, г. Киев,  
emaa@bk.ru

Выполнен теоретический анализ процесса дегидратации фосфогипса при термической обработке частиц материала во взвешенном состоянии в потоке теплоносителя для повышения экологической безопасности процесса его переработки. Получена новая формула для определения гидравлического диаметра дегидрататора. *Ключевые слова:* многотоннажные отходы промышленности, фосфогипс, переработка, математическая модель, дегидратация.

**Основні параметри установки для термообробки твердих суспензій фосфогіпсу в потоці теплоносія для його екологічно безпечної переробки.** Івашенко Т. Г. Виконано теоретичний аналіз процесу дегідратації фосфогіпсу при термічній обробці частинок матеріалу у завислому стані в потоці теплоносія для підвищення екологічної безпеки процесу його переробки. Отримано нову формулу для визначення гідрравлічного діаметру дегідратора. *Ключові слова:* багатотоннажні відходи промисловості, фосфогіпс, переробка, математична модель, дегідратація.

**Basic installation options for treating suspended solids in the flow of coolant phosphogypsum for environmentally safe recycling.** Ivashchenko T. The theoretical analysis of the process of dehydration of phosphogypsum during heat treatment of the material particles suspended in the flow of coolant to improve the environmental safety of the process of its processing are shown. A new formula for determining the hydraulic diameter of the dehydrator are obtained. *Keywords:* large tonnage industry wastes, phosphogypsum, processing, mathematical model, dehydration.

### Введение

Среди многотоннажных отходов промышленности значительный инте-

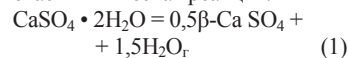
рес представляет использование фосфогипса в качестве сырья в производстве строительных материалов и изде-

лий. Это позволит приостановить дальнейшее загрязнение почвы, водного и воздушного бассейнов в районах его накопления, даст возможность начать процесс освобождения земли из под отвалов, снизить или даже остановить дальнейшую разработку и освоение карьеров по добыче природного гипсового сырья.

Вопросам утилизации фосфогипса уделяется значительное внимание во всех развитых странах мира, где проведены многочисленные исследования и предложены конкретные меры по утилизации фосфогипсовых отходов. Но, несмотря на это, фосфогипс продолжают сбрасывать в отвалы.

#### Изложение основного материала

В настоящее время исследуется новый способ переработки фосфогипса в строительные материалы. Суть его состоит в том, что дигидрат сульфата кальция, из которого состоит фосфогипс, превращается в полугидрат сульфата кальция во время пневмотранспортирования его твердой взвеси в потоке теплоносителя. Для осуществления этого превращения создан дегидратор, в котором обжиг фосфогипса осуществляется за несколько секунд. Частицы фосфогипса одновременно пневмотранспортируются, нагреваются и после нагрева протекает химическая реакция:



Процессы, осуществляемые в короткий промежуток времени, очень сложны и теоретически проработаны недостаточно. Методики расчета параметров машины не существует и

статья предлагается вариант его теоретического обоснования.

В процессе прохождения эндотермической реакции во время пневмотранспортирования твердой взвеси частиц материала в частицах материала с выделением газообразного компонента в его частицах изменяется характеристика теплоносителя и самого материала – не только плотность, температура и кинематическая вязкость, но и количество теплоносителя, проходящего через поперечное сечение газохода, поскольку газообразный продукт химической реакции становится компонентом теплоносителя.

Для определения основных параметров установки термической обработки необходимо определить скорость перемещения частиц материала относительно газового потока и скорость газового потока. Причем, продолжительность пребывания частиц в установке должна быть максимально приближена к скорости протекания реакции и незначительно превышать ее.

Скорость перемещения частиц дигидрата сульфата кальция в момент встречи с газовым потоком определяем по рекомендациям [1] с учётом критериальных зависимостей Архимеда (Ar) и Лященко (Ly):

$$Ar = \frac{d_3 \cdot g \cdot (\rho_i - \rho_w)}{v_2 \cdot \rho_r} \quad (2)$$

где d — максимальный диаметр частиц материала, м;

$\rho_m, \rho_r$  - соответственно, плотность материала и газа, кг/м<sup>3</sup>;

v - кинематическая вязкость газа, м<sup>2</sup>/с.

Скорость перемещения частиц материала относительно теплоносителя определяется по формулам:

$$\omega_6 = \sqrt[3]{\frac{Ly \cdot v \cdot \rho_m \cdot g}{\rho_z}} \quad (3)$$

Анализируем материальные потоки в расчете на 1 кг конечного продукта - полугидрата сульфата кальция.

Теоретически потребление сухого сырья [2] (кг/кг полугидрата) может составить:

$$G_c^T = \frac{100}{100 - ППП^c} \quad (4)$$

где ППП - потери при прокаливании сырья, % от массы сырья.

Определяем практическое потребление сырья с учетом уноса пыли и остаточной влажности после сушилки, кг / кг полугидрата:

$$G_c = \frac{G_c^T \cdot 100}{100 - a_{vH}} \cdot \frac{100}{100 - w_c} \quad (5)$$

где  $a_{vH}$  - общий унос пыли, % от массы сырья,

$w_c$  - влажность сырья, поступающего из сушилки, %.

При образовании 1 кг полугидрата выделяются пары влаги гидратной [2]:

$$G_w^c = \frac{G_c^T \cdot M_{1,5H_2O} \cdot (CaSQ \cdot 2H_2O)}{M_{CaSQ \cdot 2H_2O} \cdot 100} \quad (6)$$

где  $M_{1,5H_2O}$ ,  $M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O}$  - молекулярная масса, соответственно, выделившейся из кристаллов дигидрата сульфата кальция, воды и самого дигидрата сульфата кальция, кг,  $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$  - содержание дигидрата сульфата кальция в сырье; % физической влаги сырья в массовых единицах:

$$G_w^{\phi} = \frac{G_c \cdot W_c}{100 - W_c} = \frac{1,2 \cdot 1}{100 - 1} = 0,01; \quad (7)$$

в объёмных единицах:

$$V_w^{\phi} = \frac{G_w^{\phi}}{\rho_{в.п}} \quad (8)$$

Общее количество тепла, которое теплоноситель должен передать материалу, определяется из формулы:

$$Q_m = \alpha \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau \quad (9)$$

где  $\Delta t$  - разности температур теплоносителя и материала на входе и выходе из агрегата.

Количество тепла, получаемое материалом, расходуется на нагрев материала, испарение остаточной влаги и дегидратацию. Исходя из этого, примем следующие допущения:

- подсистемы (теплоноситель - твердое тело) могут обмениваться массой в результате химической реакции, а система в целом является закрытой;

- для упрощения рассуждений пренебрегаем потерями в окружающую среду;

- принимаем, что сумма массы материала и теплоносителя в начале тепловой обработки и в конце ее - величина постоянная;

- температура материала и температура теплоносителя на выходе из установки равны между собой.

Количество тепла, передаваемое теплоносителем материалу складывается из:

- тепла, необходимого на нагрев материала и влаги в нем:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (t - t_1) + m_w \cdot c_w \cdot (t_2 - t_1); \quad (10)$$

- тепла, расходуемого на испарение влаги:

$$Q_2 = m_w \cdot r; \quad (11)$$

- теплового эффекта химической реакции дегидратации:

$$Q_3 = m \cdot Q_f \cdot \beta \quad (12)$$

Тогда уравнение теплового баланса принимает вид:

$$\alpha F \Delta t \tau = Q \quad (13)$$

или

$$\alpha F \Delta t \tau = mc(t_2 - t_1) + m_w c_w(t_2 - t_1) + m_w r + m Q_f \cdot \beta, \quad (14)$$

где  $m$  - масса материала, кг;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к материалу, Вт/м<sup>2</sup>·гр;

$F$  - теплоспринимающая поверхность материала, м<sup>2</sup>/кг;

$\Delta t$  - разность температур между материалом и теплоносителем;

$\tau$  - время, с;

$c$  - теплоемкость материала, Дж / кг гр;

$t$ ,  $t_f$  - соответственно температура материала на выходе из установки и на входе в установку;

$t_2$  - температура испарения влаги;

$m$  - масса теплоносителя, кг;

$c_w$  - теплоемкость теплоносителя, Дж/кг гр;

$m_w$  - масса влаги в материале, кг;

$r$  - удельная теплота парообразования, Дж / кг;

$Q_f$  - тепловой эффект реакции при температуре протекания реакции, Дж/кг;

$\beta$  - степень завершенности химической реакции.

Продолжительность обжига во взвешенном состоянии:

$$\tau = \frac{Q}{F \cdot \alpha \cdot \Delta t}, \quad (15)$$

где  $F$  - теплоспринимающая поверхность материала, м<sup>2</sup>/с,

$$\left(F = \frac{6 \cdot G}{d \cdot \rho_M}\right); \quad (16)$$

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи между теплоносителем и материалом;

$\Delta t$  - среднелогарифмическая разность температур между теплоносителем и материалом, °С [1]:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,31 \lg \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}}, \quad (17)$$

где  $\Delta t_B$  - наибольшая разность температур между газовым потоком и материалом, °С;

$\Delta t_M$  - наименьшая разность температур между газовым потоком и материалом, °С.

Наибольшая разность температур при прямотоке:

$$\Delta t_B = t_n^r - t_n^m, \quad (18)$$

где  $t_n^r - t_n^m$  - соответственно начальная температура газа и материала, °С.

Наименьшая разность температур при прямотоке

$$\Delta t_M = t_k^r - t_k^m, \quad (19)$$

где  $t_k^r - t_k^m$  - соответственно конечная температура газа и материала.

Теоретическое определение коэффициента теплоотдачи осуществляем по формуле [1]:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}, \quad (20)$$

где  $Nu$  - критерий Нуссельта;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/м<sup>2</sup>·гр;

$d$  - диаметр частицы материала, м.

Определяем внутренний гидравлический диаметр дегидрататора в начале термообработки

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \omega}}, \quad (21)$$

где  $V$  - секундный расход теплоносителя, м<sup>3</sup>/с;

$\omega$  - действительная скорость движения газов, м/с.

Действительная скорость движения газов определяется по скорости перемещения наиболее крупных частиц материала. При этом, по мнению П. В. Левченко [3], она должна на (20-30)% превышать скорость перемещения, чтобы не создавать лишние аэродинамические сопротивления и не способствовать увеличению расхода энергии. Соколов [1] считает, что действительная скорость движения газов должна быть больше скорости перемещения взвешенных частиц в 1,5-2 раза.

Секундный расход теплоносителя на входе в обжиговую установку представляет собой произведение определенное заранее (из теплового баланса) удельного расхода теплоносителя на производительность обжиговой установки:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot P \left( V_r \frac{273+t}{273} + \frac{Gc \cdot M_{1,5H_2O} \cdot (CaSO_4 \cdot 2H_2O)}{M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O \cdot \rho_{20}} \cdot 100} \right)}{\omega_2}}. \quad (25)$$

Широко известна формула определения длины пути прохождения частицами материала, который транспортируется газовым потоком:

$$l = (\omega_r - \omega_b) \tau \quad (26)$$

На фото (рис. 1) видно, как выглядит траектория движения частиц фосфогипса при транспортировании их теплоносителем внутри вертикальной шахты (часть трубы сделана из квар-

цевого стекла). Частицы материала двигаются не прямолинейно, а вернее их путь движения близок к спиралевидному.

Очевидно, что высота дегидрататора может быть меньше пути движения частиц в том случае, если при определении времени движения частиц учтен период, необходимый для завершения всех тепловых процессов, в том числе и химических реакций.

$$V = V_r \cdot P \frac{273+t}{273}, \quad (22)$$

где  $P$  - производительность обжиговой установки по конечному продукту, кг/с.

На выходе из обжиговой установки к удельному объёму теплоносителя добавляется влага, выделившаяся при дегидратации

$$V = [V_r(1+t/273) + v_{H_2O}^m] P, \quad (23)$$

где  $V_2$  - количество теплоносителя, определяемое из уравнения теплового баланса.

Количество водяных паров, выделившихся при дегидратации дигидрата сульфата кальция до полуводного гипса определяем по формуле:

$$V_{H_2O}^m = \frac{Gc \cdot M_{1,5H_2O} \cdot (CaSO_4 \cdot 2H_2O)}{M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O \cdot \rho_{20}} \cdot 100}, \quad (24)$$

Гидравлический диаметр дегидрататора на выходе из обжиговой установки (м) по формуле:



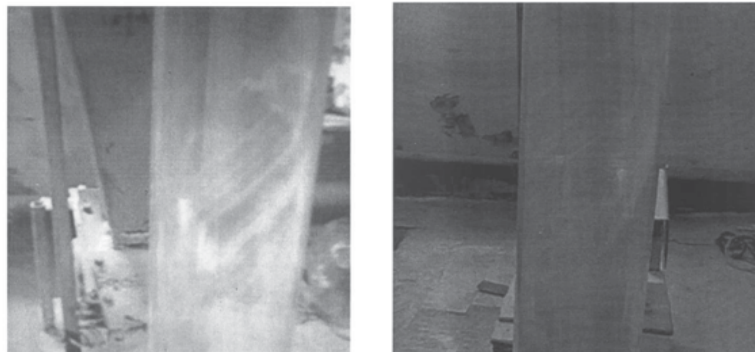


Рис. 1 - Траектория движения частиц фосфогипса при пневмотранспортировании

Тогда формула высоты дегидрататора принимает вид:

$$H = kl \quad (27)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий непрямолинейность движения частиц материала и продолжения теплообмена в циклонах и соединительных трубах. В настоящее время величина этого коэффициента уточняется.

### Вывод

Предложена математическая модель взаимосвязи между гидравлическим диаметром дегидрататора и основными параметрами теплоносителя и твердой взвеси в нем, которая позволяет при определении гидравлического диаметра учитывать не только характеристику теплоносителя, но и основные параметры частиц материала, взвешенных в газовом потоке. Такая модель учитывает минимальные газосырые загрязнения окружающей среды.

### Литература

1. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств / В.Н. Соколов. - Л: Машиностроение. - 1982. - С. 300-306.
2. Воробьев Х.С. Теплотехнические расчеты цементных печей и аппаратов / Х.С. Воробьев, Д.Я. Мазуров. - М: Высшая школа. - 1982. - 350 с.
3. Левченко П. В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности / П. В. Левченко. - М: Высшая школа. - 1968. - С. 230-234.

УДК 502.37:502.35:553.62

## ПРОБЛЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В КАЛУСЬКОМУ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОМУ РАЙОНІ

Рудько Г.І., Петришин В.Ю.

Державна комісія України по запасах корисних копалин,  
вул. Кутузова 18/7, 01133, м. Київ,  
geology1982@ukr.net

Проведено аналіз екологічно небезпечних об'єктів Калушського гірничопромислового району, геологічної будови та гідрогеологічних умов залягання соленосних формацій Прикарпатського прогину. Показано основні характерні особливості мінерального складу та петрографічних характеристик покладів калійних солей. Запропоновано варіанти ліквідації Домбровського кар'єру ДП «Калійний завод». Стратегічні перспективи Передкарпаття пов'язані саме з відродженням калійного виробництва. Один з ефективних засобів розв'язання екологічних проблем Калуша і Прикарпаття - це переробка розсолів Домбровського кар'єру, що збереже родовище, значні бюджетні кошти на охорону довкілля, дасть країні цінні калійні добрива. *Ключові слова:* соленосна формація, геологічна будова, екологічна проблема, поклади солей, калійні добрива, охорона довкілля.

**Проблеми стабилизации экологической ситуации в Калушском горнопромышленном районе.** Рудько Г.И., Петришин В.Ю. Проведен анализ экологически опасных объектов Калушского горнопромышленного района, геологического строения и гидрогеологических условий залегания соленосных формаций Прикарпатского прогиба. Показаны основные характерные особенности минерального состава и петрографических характеристик залежей калийных солей. Предложены варианты ликвидации Домбровского карьера ГП «Калийный завод». Стратегические перспективы Прикарпаття связаны именно с возрождением калийного производства. Один из эффективных способов решения экологических проблем Калуша и Прикарпаття - это переработка рассола Домбровского карьера, что сохранит месторождение, значительные бюджетные средства на охрану окружающей среды, даст стране ценные калийные удобрения. *Ключевые слова:* соленосная формація, геологическое строение, экологическая проблема, залежи солей, калийные удобрения, охрана окружающей среды.

**Problems of ecological situation stabilization in Kalush mining region.** Rudko G., Petryshyn V. The present paper analyzes ecologically hazardous objects of Kalush mining region with geological structure and hydrogeological conditions of salt formation occurrences within the Precarpathian foredeep. The basic characteristic features of mineral composition and petrographic characteristics of potassium salts were presented. Liquidation variants of Dombrovskiy quarry of State Enterprise "Potassium Plant" were proposed. Strategic perspectives of Carpathian region are connected with the renewal of potassium production. One of the most effective means of solving environmental problems for Kalush and Carpathian regions - operation of brine processing in Dombrovskiy quarry. It will save the deposit and significant budget funds, allocated today for environmental protection and provide the country with valuable potassium fertilizers. *Keywords:* salt formation, geological structure, environmental issue, deposits of salt, potash, environment.

Для України на поточному етапі розвитку та в її найближчому майбутньому все зростаюче значення матиме проблема закриття гірничих

підприємств та трансформації техногенних ландшафтів в природний стан з точки зору технічних, технологічних, економічних умов в контексті розв'язання пріоритетних екологічних проблем. Значна кількість гірничопромислових комплексів вже реалізувала свій економічно доцільний ресурсний резерв корисних копалин або потребує нової методологічної основи щодо реалізації екологічної безпеки довкілля. Необхідно визначити основні оптимізаційні заходи для керованого контролю станом довкілля після завершення гірничодобувної діяльності та ліквідації гірничопромислового комплексу. Шляхом системного підходу до наукового вирішення гірничо-екологічних завдань.

Гірничодобувні підприємства є природно-техногенними системами (ПТС), що формуються в зоні активної взаємодії техногенного об'єкта і геологічного середовища (ГС) та мають обмежений період функціонування. На сьогодні більшість ПТС соленосної провінції Західного регіону України перебувають на стадіях ліквідації і постліквідації.

Розробка родовищ калійних солей у Передкарпатті традиційними методами за останні десятиріччя посилила процеси просідання земної поверхні, провалоутворення, ерозії, суфозії тощо. У зонах карстопроальної небезпеки опинилися території шахт, кар'єрів і значні за площею ділянки за їхніми межами, що створило реальну загрозу проживанню населення.

Відомості про наявність у надрах Прикарпаття солей та характерні особливості цих покладів почали усвідомлюватися задовго до їх спеціального наукового дослідження.

На території сучасної Західної України (в минулому Галіції) солеваріння з використанням розсільних горизонтів, які розкривалися за допомогою криниць, зародилося ще за декілька віків до нашої ери. За свідченням древньогрецького історика Геродота, галіційська сіль у V столітті до нашої ери відправлялась на Схід, у Скіфію. Відомі в наш час солевиварювальні заводи у Західній Україні нараховують до 600 років свого існування: соляні криниці в Уторопах відомі з 1367 року, Долинський сільзавод працював у 1537 році, Калуський із 1580 року, Дрогобицький з XIV століття.

Доречно нагадати, що сама назва нашого краю – Галичина (Галіція) походить від грецького галос – сіль. Тобто, територія розташована в підніжжі Карпат отримала свою назву за ознакою наявності в надрах покладів корисних копалин і сприймалася у свідомості тогочасних суспільств як соляний край.

Перше усвідомлене виявлення в соляній товщі Калуського рудника калійних солей відноситься до початку позаминулого століття. Однак довгий час ці відкриття не мали жодного позитивного значення, оскільки цінність калійних солей у той час ще не була встановлена. Навпаки, вони приносили шкоду, оскільки сіль, яку виварювали з розсолу, що містив домішку калійних солей, набувала гіркої смаку і її ніхто не хотів купувати.

Калійні солі, які згодом виявилися каїнітом, виявлені у 1804 р. на глибині близько 50 м при розширенні стовбура шахти IV.

У 1826 і 1834 р.р. у Калуші був відкритий сильвін при заглибленні шахти VII і виконанні навколостовбурних робіт.

Першими системними геологічними дослідженнями території українського Прикарпаття вважаються роботи, які розпочалися з 1887 року для складання «Атласу Галіції». У процесі проведення поверхневих зйомочних робіт, пошукового і розвідувального буріння, а також вивчення та узагальнення даних, одержаних при експлуатації соляних рудників, визначено принципи закономірності будови соленосних товщ Прикарпаття. Особливо значні заслуги у вирішенні багатьох проблем пізнання геології краю належать Р.Зуберу.

З початку 40 років минулого століття вивчення соленосних відкладів продовжилися. В цей час виконано надзвичайно великий об'єм пошуково-розвідувальних та спеціальних тематичних робіт.

Теоретичний рівень узагальнень в цей період, порівняно з попередніми етапами, надзвичайно виріс. Попри те, що дані, які отримувалися в підсумку геологорозвідувальних робіт, часто суперечили загальноприйнятій теорії, їх узагальнення у більшості випадків здійснювалося головним чином з точки зору відповідності евапоритовій гіпотезі галогенезу. Цей етап у першу чергу пов'язаний з іменами А.Іванова, С.Кореневського. Пізніше долучилися Я.Яржемський, М.Валяшко, В.Лобанова, М.Коробцова, С.Ходькова. Питанню стратиграфії молас прогину та положенню в їх розрізі соленосних товщ присвячені роботи О. Вялова, Н. Субботіної, В. Глушка, Л.Пішванової та ін. У останній період (1960–2000 роки) цими питаннями займалися Н.Джинорідзе, М.Клімов, Д.Хруцов. Геохімічним закономірностям формування солей

присвячені роботи О.Петриченка і В.Ковалевича, П.Білоніжки. Питання геологічної будови окремих калійних родовищ, характеристики мінерального складу порід висвітлювалися в роботах В. Ступніцкого, Ю. Кудрявцева, С. Корія, С. Гринів.

Значна частка інформації щодо поширення калієносних площ та параметрів розвитку пластів на глибину отримана дослідниками Львівської ГРЕ, зокрема Моршинської партії. Надзвичайно важлива робота щодо деталізації будови покладів виконана колективами геологів на Калуських і Стебницьких калійних рудниках.

### **1. Мінерало-петрографічна характеристика покладів калійних солей**

Насамперед, необхідно підкреслити, що мінеральний склад та петрографічні особливості Прикарпатських покладів калійних солей є унікальними. Вони досить складні і багатоманітні, а пізнання закономірностей їх становлення має не лише теоретичне, але й надзвичайно важливе практичне значення.

Відомо, що коли в більшості калієносних товщ світу (які мають переважно хлоридну мінералізацію) є тричотири соляні мінерали, то у прикарпатських галогенних товщах їх виявлено близько двадцяти. Факт наявності такої кількості мінералів є надзвичайно цікавим і важливим явищем. Це свідчить про досить складні обставини формування сучасного вигляду соленосних відкладів. Якщо характеризувати калієносні поклади Прикарпаття в цілому, то необхідно відзначити, що головними продуктивними пороудоут-

ворюючими мінералами є сульфати, серед яких переважають каїніт та лангбейніт. Значення кожного з них на різних ділянках поширення є різним, але майже завжди у породі присутні у різних співвідношеннях обидва мінерали. Вони утворюють основні промислові типи руд, які навіть у межах одного покладу можуть неодноразово переходити один у інший. Найбільш поширеними є каїнітова, каїніт-лангбейнітова, лангбейніт-каїнітова, лангбейнітова руда. Прикарпатські поклади мають полімінеральний характер, тому у продуктивних породах у різних співвідношеннях до названих основних мінералів дода-

ються кізєрит, полігаліт, сільвін, пікромєрит, карналіт, епсоміт, ангідрит, глазерит, леоніт, льовеїт.

## 2. Коротка характеристика сучасного стану Калуського гірничопромислового району

Гірничо-хімічне підприємство ДП «Калійний завод» ВАТ «Оріана» (колишній Калуський хіміко-металургійний комбінат КХМК) було створено в числі крупних підприємств колишнього Радянського Союзу за спеціальною постановою ЦК і Кабміну СРСР про будівництво об'єктів «великої хімії».

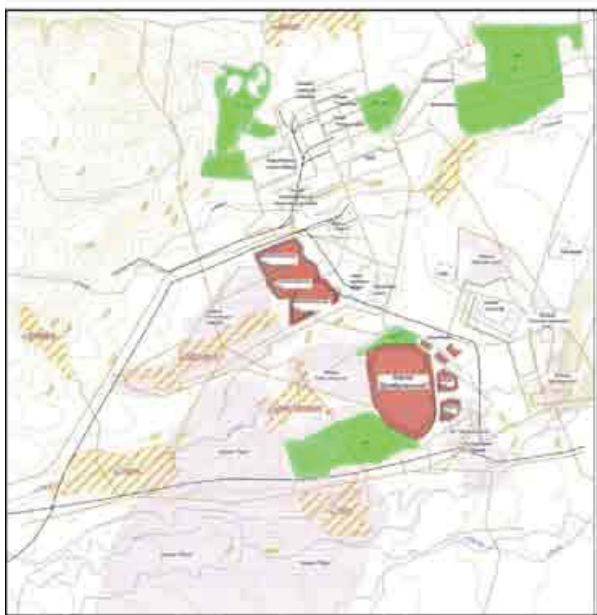


Рис. 1 Схема розташування об'єктів гірничопромислового району

Протягом багатьох років КХМК займав одне з провідних місць з виробництва мінеральних калійних добрив,

металевого магнію та інших цінних речовин.

Валова продукція підприємства в окремі роки становила 1 % ВВП України. В складі підприємства працювали підземні рудники (а пізніше і єдиний в світовій практиці кар'єр) з видобутку калійної руди, технологічний переробний комплекс з виробництва калійних добрив потужністю 2,5 млн т по руді, магнієвий завод з випуском до 18 тис. т магнію на рік.

Підприємство створено на базі калуської групи крупного Калуш-Голинського родовища калійних солей, розвідані запаси якого становлять 442 млн т руди. Об'єкти підприємства розташовані на площі 1046,5 га. Кіль-

кість будівель і споруд, що знаходяться на балансі підприємства, перевищує 360 одиниць; механізмів та обладнання – більше 1900 одиниць.

Останнім часом до структури підприємства ДП «Калійний завод» входили:

- Домбровський кар'єр;
- рудник «Ново-Голинь»;
- рудник «Пійло»;
- технологічний переробний комплекс у складі 11 цехів;
- хвостове господарство в складі трьох хвостосховищ з шламонакопичувачами.



Рис. 2 Загальний вигляд структури підприємства ДП «Калійний завод» на космонавічній зйомці Google Earth

Підприємство працювало за комбінованою галургійно-флотаційною схемою і випускало якісне калійне добриво – калімагнієзю.

Для зменшення вилучення корисних речовин планувався перехід на більш прогресивну галургійну схему переробки руди – повне розчинення. На заміну рудників, що відробили свої

запаси, «Голинь», «Ново-Голинь» було розпочато будівництво нового рудника «Пійло» потужністю 3,0 млн т руди на рік. Зі зміною ринкових умов виробництво добрив і металевого магнію стало зменшуватись, а з часом повністю припинилось. Повністю було припинено і капітальне будівництво. Так, по руднику «Пійло»

будівництво було припинено, незважаючи на те, що по ньому було засвоєно більше 40 % капікладень.

Протягом кількох останніх років гірничо-видобувні підрозділи та переробний комплекс не працюють, а саме підприємство знаходиться на грані банкрутства.

На базі калійного заводу працює лише невелике закрите акціонерне товариство «Магній», яке вийшло з складу заводу (виробництво «Магній» працює на привізній сировині – бішофіті). Отже, підприємство як діюче виробництво практично вже перебуває в стадії закриття.

Розробка родовищ калійних солей вкрай негативно впливає на стан навколишнього природного середовища, а особливо при експлуатації Домбровського кар'єру, якому немає аналогів у світовій практиці. Негативний вплив проявляється через особливість соленосних порід легко розчинятися у водному середовищі, що призводить до змін природного стану гірничих порід, ґрунтів, підземних і поверхневих вод і ін. У межах виробничої діяльності ДП «Калійний завод» виникли техногенно-екологічні процеси: просідання земної поверхні, утворення провальних воронок, зсувів, карстів, забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод. На підприємстві склалася вкрай критична техногенно-екологічна ситуація, яка з кожним днем загострюється. У зв'язку з скрутним фінансово-економічним станом, відсутністю обігових коштів завод неспроможний за власні кошти вирішувати існуючі екологічні проблеми, тому для їх вирішення необхідне бюджетне фінансування як

на обласному, так і державному рівнях.

### 3. Коротка характеристика екологічно небезпечних об'єктів

*Домбровський кар'єр*, розвіданий ще в 30-х роках минулого століття, - єдиний у світі гірничий об'єкт, де видобуток солі здійснювали відкритим способом, оскільки 100-метровий поклад цінних солей лежав буквально на поверхні. Експлуатували його з 1967 р., видобуто 33 мільйони тонн руди – менше половини розвіданих запасів. Займає площу 64 га. Об'єм виробленого простору – 52,5 мільйона кубічних метрів.

Як сировинна база Домбровський кар'єр із самого початку входив у структуру калузького заводу з виробництва калійних добрив. У 1990-ті роки підприємство потрапило у шторм економічних перетворень і так з нього і не вийшло. У січні 2008 року ДП «Калійний завод «Оріана» призупинив виробництво. Юридично він діє. Кар'єр потонув першим: воду, що просочувалася з-під землі в його гігантську вирву і потрапляла з атмосферними опадами, не було кому і чим відкачувати – насосну техніку знеструмили через борги за енергоносії.

Проектна потужність кар'єру – 1,25 млн т руди. Розробка велась двома дільницями: південною і північною.

Домбровський кар'єр витягнутий з півдня на північ з розмірами в плані 1900-х 900 м. Абсолютні позначки поверхні коливаються від 298 до 305м. Південна частина повністю відроблена в 1985 р. до позначки +173 м з площею по дну 8 тис. м<sup>2</sup> (90 x 110 м). По-

чинаючи з 180 м форма по дну змінюється і вже на позначці 200 м кар'єр витягнутий в південно-західному напрямку з розмірами 160 x 460 м. Південна частина відділена від північної природною перемичкою з позначками гребеню 254 – 258 м.

Площа кар'єру на рівні гребня перемички становить 460 тис. м<sup>2</sup>, у тому числі: північна частина - 220 тис. м<sup>2</sup>, південна частина - 240 тис. м<sup>2</sup>. Борти кар'єру в межах південної частини значно крутіші, ніж в північній.



Фото. 1. Загальний вигляд Домбровського кар'єру Калузько-Голіньського родовища калійних солей

Залишкові запаси становлять 33,2 млн. т руди, в тому числі: вище позначки +235 м – 2,56 млн т і нижче +235 м, які вимагають поглиблення кар'єру - 30,64 млн т.

Південна дільниця на сьогодні заповнена розсолами в кількості 5,2 млн м<sup>3</sup>, рівень розсолів становить +253,2 м.

Накопичення розсолів в кар'єрі унеможливує проведення видобувних робіт. У кар'єрі внаслідок розчинення атмосферними опадами соляних та соленосних порід постійно відбувається процес карстоутворення та накопичується до 1,3 млн м<sup>3</sup> розсолів на рік.

Роботи в кар'єрі велися за транспортною системою розробки з транспортуванням розкривних порід автосамоскидами у зовнішні та внутрішні відвали, руди – до цеху дроблення. Розпушення руди та скельних розкривних порід проводили буровибуховим способом. Рихлі розкривні породи розробляли чотирма уступами висотою до 10 м з організацією селективної виїмки: ґрунтово-рослинного шару, суглинків, галечників та гіпсово-глинистої «шляпи»; скельні розкривні породи та рудний поклад – уступами висотою до 15 м.

Суглинисті ґрунти, галечники та гіпсово-глиниста «шляпа» використовувались для будівництва дамб обвалувань хвостосховищ та влаштування ґрунтово-зних доріг.

До гірничодобувного комплексу Домбровського кар'єру входили відвали № 1 та № 4 розкривних солевміщуючих порід; розсолозбірники, що розташовані на прилеглий до кар'єру території, та дренажна траншея.

На північно-східному відрізку дренажної траншеї відбувається процес розвитку карстових утворень. На східній ділянці дрени вздовж зовнішніх відвалів № 1 та № 2 мають місце чисельні зсуви порід укусу дрени. Одночасно дренаж руйнує некеровані атмосферні води, що стікають з відвалів, які прилягають до дрени.

На дні траншеї утворюються завали ґрунту, в межах яких концентруються значні скучення води.

Поверхневі води з території між верхньою бровкою борту кар'єру та кільцевою дренажною траншеєю перехоплюються системою відкритих каналів глибиною до 1,5 м та відводяться за межі кар'єру в р. Сівку.

Згідно даних ДП «Калійний завод» середня кількість відкачування прісних вод з дренажної траншеї дренажною насосною станцією № 1 становила 310 тис. м<sup>3</sup> на рік; дренажною насосною станцією № 2 – 140 тис. м<sup>3</sup>/рік. Відповідно, ці основні споруди водовідливу забезпечували відкачування прісних вод за межі кар'єру.

#### **Зовнішні відвали. Характеристика відвалу № 1**

Складування розкривних порід з Домбровського кар'єру у відвал № 1 розпочато у 1967 році. Екранування основи солевідвалу не здійснювалось.

З метою збору розсолів з відвалу, по периметру бортів влаштовано розсолозбірні канали з нахилом до розсолозбірників, з яких розсоли відкачувалися в акумулюючі ємкості. Кількість розсолів, які щорічно збиралися з відвалу № 1, становлять у середньому 370 тис. м<sup>3</sup> на рік.

Площа солевідвалу № 1 – близько 50 га. Складування розкривних порід у відвал здійснювалось уступами висотою 14 м (у середньому) кожний, поки висота відвалу не досягла 50 м.

Проведеними НДІ «Галургія» дослідженнями встановлено, що розсоли в солевідвалі № 1 утворюються трьома шляхами:

- за рахунок розчинення легкорозчинних соленосних порід відвалу атмосферними опадами;
- за результатами змін температури та вологості повітря та конденсації атмосферної вологи;
- утворення частини розсолів під силою гравітації та ваги шарів.

За даними останніх випробувань, мінералізація цих розсолів змінюється від 260 до 400 г/л і більше.

Схили відвалу інтенсивно прорізаються потоками, які проникають вглиб тіла відвалу. Розсоли, що утворюються, на даний час не перехоплюються розсолозбірними каналами, оскільки вони сильно замулені.

На декількох ділянках борти нижньої площадки розмиті, високо мінералізовані води розтікаються на прилеглу територію, просочуються у ґрунтові води та в р. Сівка.

З більшої частини південного та західного схилів солевідвалу розсоли стікають в дренажну траншею.

За результатом дії атмосферних опадів утворюються карсти. За даними НДІ «Галургія» за 10 років

експлуатації з солевідвалу було вилучено 780 тис. т солей.

#### **Характеристика відвалу № 4**

Складування порід у відвал № 4 розпочалося з середини 1979 року. Площа основи відвалу № 4 становить 39 га. Складування здійснювалось у два яруси висотою по 15 м. В середині дев'яностих років було виконано технічну рекультивацию відвалу на площі 33,5 га.

Технічна рекультивация полягала у перекритті тіла солевідвалу гравійно-галечниковими породами. Згідно проекту передбачалось виконання біологічної рекультивациі.

Під дією атмосферних опадів соляні породи відвалу розчиняються, утворюючи розсоли. Для їх збору навколо відвалу були прокладені водовловлюючі канали, по яких мінералізовані води та розсоли спрямовувались у водозбірники та перекачувались в акумулюючу ємність № 1.

На даний час розсолозбірні канали замулені, перегороджені зсувами, насосні станції та розсолопровід розукомплектовані, не працюють. Розсоли вільно розтікаються по прилеглий території. В районі солевідвалів розвивається ареал засолення вод, що розширюється на південь в напрямі руху підземних вод.

З вищенаведеного можна зробити висновок: в першу чергу необхідно створювати умови для організованого збору та відведення стоку лотками за межі відвалів.

#### **4. Інженерно-геологічні умови ділянок хвостосховищ**

У геоморфологічному відношенні ділянка розташування хвостосховищ знаходиться в межах калузької

аккумулятивної котловини, на III-й терасі р. Лімниця. Поверхня площадок хвостосховищ загалом рівна з невеликим нахилом до русла р. Кропивник.

Абсолютні відмітки денної поверхні коливаються в інтервалі 305,00-310,00 м.

У геологічному розрізі ділянки розташування хвостосховищ приймають участь породи четвертинного віку та міоценові відклади. З поверхні четвертинні відклади представлені алювіально-делювіальними суглинками потужністю від 4 до 11 м з незначними лінзами супісків та глин.

Суглинки жовтувато-сірі, сірувато-жовті, рідше сірі з блакитно-зеленкуватим відтінком.

За гранулометричним складом суглинки різноманітні, як легкі так і важкі. Однак, переважають середні пилуваті, слабо вологі, туго пластичні. В нижній частині шару на контакті з гравійно-гальковими відкладами залягають вологі, пластичні та м'якопластичні суглинки.

Аналіз фізико-механічних та фільтраційних властивостей суглинків свідчить про те, що вони характеризуються слабкою водопроникненістю з коефіцієнтом фільтрації від 0,001 до 0,01 м/добу. Такі породи при їх достатній потужності можна вважати добрим природним екраном, який перешкоджає активному проникненню солей у нижче залягаючий водонесний галечниковий горизонт.

Суглинки підстеляються сучасними і древніми водоносними алювіальними відкладами, які нерідко називають «Карпатським галечником» потужністю від 2 до 11 м. Уламковий матеріал представлений міцним пісковиком, добре окатаним. Простір між крупноуламковим матеріалом за-

повнений піском та глинистим ґрунтом. Коефіцієнт фільтрації галечникової товщі коливається від 0,926 до 6,78 м/добу.

Нижче алювіальних відкладів залягають породи гіпсово-глинистої «шляпи» та глин.

Водоносний горизонт, приурочений до алювіальних гравійно-галькових відкладів, має потужність від 2 до 11 м.

Основою хвостосховищ є товща суглинистих порід товщиною не менше 4-х метрів.

Потужність шару суглинків, яка залишилась в основі ложа хвостосховища № 1 становить у середньому 6-4 м. Дамби обвалування I-ї черги будівництва були відсіпані з суглинистих ґрунтів до відмітки гребня 321,00 м. Пізніше були виконані роботи з нарощування дамб на намитому пляжі хвостів до відмітки 332,00 м, відповідно площа основи в підніжжі дамб перевищила 80 га.

**Характеристика хвостосховища № 1.** На хвостосховищі № 1, площа якого по верху становить 60 га, заскладовані відходи збагачувальної фабрики (мул, галіти) об'ємом 15 млн м<sup>3</sup>. У 1988 р. був розроблений проект рекультивациі хвостосховища, яким передбачена гірничотехнічна і біологічна рекультивациія. Перед початком робіт з рекультивациії були проведені підготовчі роботи - замив чаші хвостосховища галітами. У 1993 р. виконано технічну рекультивациію шляхом покриття поверхні шаром суглинку та гіпсово-глинистої породи товщиною 1,5 м. Через відсутність коштів не були виконані роботи з вторинного планування чаші хвостосховища, поверхні не було задано необхідний ухил, який би забезпечу-

вав відтік води з площі хвостосховища, та не виконана біологічна рекультивациія.

Внаслідок незавершеної рекультивациії на поверхні хвостосховища утворилися карстові провали та озера, які створили умови для посиленої сконцентрованої фільтрації розсолів в навколишнє середовище.

У 1996-1997 рр. виконувались роботи з ліквідації карстових воронок, засипки вимоїн та очищення укосів дамб обвалувань від новоутворених нашарувань мірабіліту. На даний час на хвостосховищі спостерігаються наскрізні промоїни глибиною до 3 м, прогресує водна ерозія схилів та укосів. З хвостосховища вимиваються розчинні солі й витікають через укоси дамб, зложених з гравелистих ґрунтів.

З метою завершення робіт з рекультивациії хвостосховища № 1 необхідно:

- ліквідувати карсти, просідання поверхні та озера засипкою ґрунтами гіпсово-глинистої «шляпи» зони «А» з ущільненням до об'ємної ваги кістяка ґрунту в природному заляганні проходом автотранспорту та наступним екрануванням поверхні шаром глинистого ґрунту товщиною 1,0 м з ущільненням. При цьому поверхні необхідно надати ухил  $i=0,002$  з метою недопущення застою атмосферної води на поверхні екрану та її проникнення в солену товщу хвостів;

- спланувати поверхню низових укосів дамб обвалувань хвостосховища з засипкою промоїн;

- по периметру обочини гребеня дамб спланованої поверхні хвостосховища необхідно прокласти водовловлюючі збірні залізобетонні лотки;

- відвід води від водозбірних лотків у нижній б'єф виконується по водоспусках, які влаштовуються із збірних залізобетонних лотків;

- в підніжжі дамб хвостосховища влаштовується водозбірна канава з відводом води до русла р. Кропивник.

**Характеристика хвостосховища № 2.** Хвостосховище № 2 введено в експлуатацію в грудні 1984 року і в ньому накопичено 9,5 млн м<sup>3</sup> відходів калійного та магнезівового виробництв. На даний час відходи цих виробництв не складаються. В чашу хвостосховища потрапляють тільки атмосферні опади, які при контакті з галітами розчиняють останні та утворюють розсоли. Об'єм накопичених розсолів у хвостосховищі № 2 становить близько 1,7-1,8 млн м<sup>3</sup>. Рівень розсолів у хвостосховищі на даний час становить 328,29 м. Відмітка гребеня дамб обвалувань – 329,50 м. Площа хвостосховища по дзеркалу розсолів – 45 га.

Відповідно плану хвостосховище № 2 – це чотириохкутник замкнених дамб і становить по периметру 2900 м.

З відмітки 323,00 до 329,50 м дамби обвалування хвостосховища нарощувались на намитому пляжі з хвостів з привантаженням низового укосу дамб відсіпкою із гравелистих ґрунтів.

З метою захисту верхових укосів дамби від розмивання хвилями виконуються роботи з розширення дамби на намитому пляжі.

Відбувається розмивання атмосферними опадами упорної призми дамб низового укосу, відсіпаних із гравелистого ґрунту.

Перша черга хвостосховища № 2 побудована в піввімці півнасіпї дамб із суглинистих ґрунтів. По ложу та внутрішніх укосах дамб обвалувань

укладений екран із поліетиленової плівки з облаштуванням захисного шару. Таке технічне рішення конструкції чаші дало можливість повністю захистити водоносний галечниковий горизонт в основі хвостосховища від забруднення. Нарощення дамб обвалувань з відмітки 323,00 до 329,50 м на намитому пляжі із суглинистих ґрунтів проведено без застосування полімерного екрану.

З метою недопущення перенаповнення чаші хвостосховища №2 розсолами за результатами проходження злив, зняття аварійних ситуацій та ліквідації фільтрації в навколишнє середовище прийнято рішення щодо опорожнення чаші хвостосховища зі скидом розсолів на дно Домбровського кар'єру. Для цього запроєктовано самопливно-напірний розсолوپровід від центральної ділянки чаші з відміткою ложа 318,00 м до дна кар'єру з відміткою 234,0 м. Конструктивно трубопровід прокладається із пластмасових труб діаметром 350 мм у траншеї глибиною до 4 м. На ділянці пересічення траси з автодорогами та іншими комунікаціями трубопровід прокладають у кожухах із сталевих труб діаметром 630x8 мм.

Для прокладання трубопроводу в чаші хвостосховища відсіпається заїзд від бровки гребеня дамби до центральної частини хвостосховища із м'яких розкритих порід Домбровського кар'єру. На кінцевій ділянці заїзду в центрі хвостосховища відсіпається площадка для розвертання транспорту розміром 12x14м. Відсіпка ґрунту виконується по мірі пониження та відкачування розсолу методом «відсіпання ґрунту у воду».

По мірі просування відсіпки заїзду влаштовуються площадки для монта-