



Ресурсозберігаючі технології отримання мінеральної сировини

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G2 Технології захисту навколишнього середовища</i>
Освітня програма	<i>Екоефективне повоєнне відновлення забруднених територій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 рік навчання, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЕКТС (лекції – 30 год, практичні заняття – 16 год, самостійна робота студента (СРС) – 74 год).</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / Модульна контрольна робота (МКР)</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: проф. кафедри геоінженерії, д. т. н., проф. Ткачук Костянтин Костянтинович Практичні / Семінарські: проф. кафедри геоінженерії, д. т. н., проф. Ткачук Костянтин Костянтинович
Розміщення курсу	Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна "Ресурсозберігаючі технології отримання мінеральної сировини" є важливою для фахівців з технологій захисту навколишнього середовища, оскільки вона забезпечує розуміння джерел та масштабів антропогенного навантаження, спричиненого видобувною галуззю. Дисципліна фокусується не лише на традиційних методах мінімізації втрат мінеральної сировини, але й на екологічно безпечних технологіях її вилучення, що сприяють зменшенню забруднення атмосферного повітря та водних ресурсів, а також на принципах комплексної переробки техногенних відходів (відвалів та хвостосховищ), які є вторинними ресурсами. Вивчення цих технологій дає майбутнім фахівцям з технологій захисту навколишнього середовища інструментарій для розробки та впровадження ефективних превентивних стратегій екологічно безпечного надрокористування.

Мета дисципліни – посилити формування компетентностей та досягнення програмних результатів навчання за освітньо-професійною програмою (ОПП):

ФК01 Здатність контролювати й оцінювати екологічні ризики впливу техногенних об'єктів і господарської діяльності на довкілля;

ФК05 Здатність впроваджувати і використовувати відновлювальні джерела енергії, ресурсо- та енергозберігаючі технології;

ПРН04 Обґрунтовувати рішення, направлені на мінімізацію екологічних ризиків господарської діяльності на загальнодержавному, регіональному й локальному рівнях;

ПРН 12 Впроваджувати і використовувати відновлювальні джерела енергії та ресурсо- та енергозберігаючі технології у виробничій та соціальній сферах.

Предмет дисципліни – технології видобутку, переробки та збагачення мінеральної сировини.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для початку вивчення дисципліни "Ресурсозберігаючі технології отримання мінеральної сировини" необхідні базові знання з хімії та фізики.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Аналіз та оцінка мінеральної сировини

Тема 2. Способи залягання і розвідки корисних копалин

Тема 3. Традиційні технології видобутку корисних копалин

Тема 4. Ресурсозберігаючі технології видобутку мінеральної сировини

Тема 5. Традиційні технології переробки та збагачення мінеральної сировини

Тема 6. Сучасні ресурсозберігаючі технології переробки та збагачення мінеральної сировини

Тема 7. Технічне обслуговування та модернізація гірничовидобувного обладнання, енергозбереження під час видобутку і переробки мінеральної сировини

Тема 8. Оцінка екологічних ризиків і впливу видобувної діяльності на навколишнє середовище

Тема 9. Технології захисту атмосферного повітря та водних ресурсів у гірничовидобувній галузі

Тема 10. Переробка відходів та вторинних ресурсів в гірничовидобувній галузі

Тема 11. Економічні аспекти ресурсозбереження

Тема 12. Правове регулювання ресурсозбереження

Тема 13. Управління проектами в гірничій промисловості, соціальні аспекти видобувної діяльності

Тема 14. Перспективи розвитку ресурсозберігаючих технологій отримання мінеральної сировини

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Михайлов В. А. Стратегічні корисні копалини України та їхня інвестиційна привабливість: монографія. К.: ВПЦ "Київський університет", 2023. 371 с.
2. Михайлов В. А., Омельчук О. В., Загнітко В. М., Курило М. М. Пошуки та розвідка родовищ корисних копалин: підручник. К.: ВПЦ «Київський університет», 2023. 207 с.
3. Фролов О. О., Косенко Т. В. Відкриті гірничі роботи: Ч. І. Процеси відкритих гірничих робіт: навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 151 с.
4. Собко Б. Ю., Ложніков О. В., Чебанов М. О. Буропідривні роботи на кар'єрах: навч. посіб. Дніпро: НТУ «ДП», 2025. 213 с.
5. Хоменко О. Є., Кононенко М. М., Косенко А. В. Процеси підземної розробки рудних родовищ: підручник. Дніпро: НТУ «ДП», 2022. 206 с.
6. Смирнов В. О., Білецький В. С. Переробка корисних копалин: підручник. Львів: «Новий Світ-2000», 2025. 607 с.

Додаткова література

1. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 07.05.2025).
2. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» від 20.03.2018 р. № 2354-VIII. Дата оновлення: 09.07.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення: 07.05.2025).

3. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. Дата оновлення: 15.11.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 07.05.2025).
4. Гірничий закон України: Закон України від 06.10.1999 р. № 1127-XIV. Дата оновлення: 28.03.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-14> (дата звернення: 12.05.2025).
5. Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору: підруч. / О. Я. Тверда та ін. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 149 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65671>

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[6]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, викладач зазначить на відповідному занятті. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методи викладання спрямовані на формування практичних навичок розробки технологічних рішень, орієнтованих на ресурсозбереження. Застосовується: розрахунково-аналітичний метод – для виконання математичних розрахунків екологічного впливу (концентрації шкідливих газів, ризик для здоров'я) та параметрів ресурсозберігаючих технологій (параметри свердловинного заряду та забійки); Design Thinking – для розроблення конкретних рекомендацій та технологічних рішень для підвищення рівня ресурсозбереження та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище; кейс-метод та порівняльний аналіз – для обґрунтованого вибору найбільш екологічно безпечних вибухових речовин та вивчення світового досвіду утилізації шахтного метану; метод проєктів – для впровадження моделі кругової економіки на гірничовидобувному підприємстві; дискусії – для обговорення можливостей використання відходів гірничого виробництва, а також шляхів удосконалення технологічних процесів з метою підвищення рівня ресурсозбереження.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
Лекція 1	Аналіз та оцінка мінеральної сировини Методи аналізу мінеральної сировини. Критерії оцінки якості та придатності мінеральної сировини до промислового використання. Економічна доцільність розробки мінеральних родовищ. Загальні відомості про родовище. Категорії запасів корисних копалин. Оцінка запасів і класифікація мінеральних ресурсів. Втрати корисної копалини.
Лекція 2	Способи залягання і розвідки корисних копалин Способи залягання корисних копалин у земній корі. Методи геологічної розвідки родовищ. Геофізичні та геохімічні методи пошуків. Дистанційні та технічні методи пошуку.
Лекція 3-4	Традиційні технології видобутку корисних копалин Відкрита розробка родовищ корисних копалин. Підземна розробка родовищ корисних копалин. Розробка нафтогазових родовищ.
Лекція 5	Ресурсозберігаючі технології видобутку мінеральної сировини Безвідходні і маловідходні технології видобутку мінеральної сировини. Застосування сучасних гірничих машин, нових матеріалів і реагентів для зменшення втрат. Підземне вилуговування та інноваційні технології видобутку.
Лекція 6	Традиційні технології переробки та збагачення мінеральної сировини Дроблення, подрібнення та сортування. Гравітаційне, флотаційне, магнітне, електричне збагачення. Проблеми утворення відходів під час традиційної переробки.

Лекція 7	Сучасні ресурсозберігаючі технології переробки та збагачення мінеральної сировини Інноваційні технології глибокої переробки. Використання нанотехнологій та біотехнологій у збагаченні.
Лекція 8	Технічне обслуговування та модернізація гірничовидобувного обладнання, енергозбереження під час видобутку і переробки мінеральної сировини Види гірничовидобувного обладнання та його призначення. Модернізація обладнання для підвищення ефективності та безпеки. Автоматизація та цифровізація систем управління. Енергозберігаючі технології у виробничих процесах.
Лекція 9	Оцінка екологічних ризиків і впливу видобувної діяльності на навколишнє середовище Методологія оцінки впливу на довкілля (ОВД) у гірничій галузі. Ідентифікація та прогнозування первинних екологічних ризиків (забруднення атмосферного повітря та вод, руйнування ландшафту). Специфіка впливу на атмосферне повітря, гідросферу та літосферу. Моніторинг та геоінформаційні системи (ГІС) в управлінні екологічними ризиками.
Лекція 10	Технології захисту атмосферного повітря та водних ресурсів у гірничовидобувній галузі Системи очищення повітря від пилу та газів. Технологічні та організаційні способи зменшення викидів в атмосферне повітря. Методи очищення шахтних і кар'єрних вод. Використання замкнених систем водопостачання. Контроль і моніторинг якості повітря та води.
Лекція 11	Переробка відходів та вторинних ресурсів в гірничовидобувній галузі Напрямки повторного використання відходів мінерального походження. Переробка відсіву скельних порід. Використання териконів та переробка їхніх порід. Використання шахтних вод. Переробка порід відвалів залізрудних кар'єрів. Переробка шламів і хвостів.
Лекція 12	Економічні аспекти ресурсозбереження Показники ефективності використання ресурсів. Економічні механізми стимулювання ресурсозбереження. Рентна плата. Екологічний податок. Інвестиції в інноваційні ресурсозберігаючі технології.
Лекція 13	Правове регулювання ресурсозбереження Кодекс України «Про надра». Податковий кодекс України. Гірничий закон України. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля».
Лекція 14	Управління проектами в гірничій промисловості, соціальні аспекти видобувної діяльності Етапи життєвого циклу гірничопромислового проекту. Управління ризиками і витратами. Соціальні наслідки видобувної діяльності для місцевих громад. Принципи корпоративної соціальної відповідальності. Комунікація між бізнесом, владою та громадськістю.
Лекція 15	Перспективи розвитку ресурсозберігаючих технологій отримання мінеральної сировини Світові тенденції розвитку технологій видобутку, переробки та збагачення корисних копалин. Перехід до безпечного та безвідходного гірничого виробництва. Використання штучного інтелекту та автоматизації. Потенціал України у впровадженні «зелених» рішень.

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Практичне заняття 1	Оцінка та підвищення ресурсозбереження технології видобутку Визначення рівня ресурсозбереження запропонованої технології відкритої розробки родовища корисної копалини. Розроблення рекомендацій щодо підвищення рівня ресурсозбереження під час видобутку кварцитів.

Практичне заняття 2	Оцінка екологічного ризику вибухів на кар'єрах та управління викидами в атмосферне повітря Оцінка впливу отруйних газів та породного пилу, утворених внаслідок проведення масових вибухів під час відкритої розробки родовищ корисних копалин, на стан навколишнього середовища прилеглих територій. Розрахунок ризику для здоров'я населення прилеглих до кар'єру територій від забруднення атмосферного повітря Карбон (II) оксидом та Нітроген (IV) оксидом. Запропонувати способи (технології, методи, заходи) зменшення впливу вибухових робіт на навколишнє середовище.
Практичне заняття 3	Удосконалення конструкції свердловинного заряду з метою підвищення рівня ресурсозбереження Розрахунок параметрів ресурсозберігаючої конструкції свердловинного заряду. Запропонувати способи удосконалення конструкції заряду з метою підвищення рівня ресурсозбереження та зменшення впливу вибухових робіт на навколишнє середовище.
Практичне заняття 4	Удосконалення конструкції забійки свердловинного заряду з метою зменшення впливу вибухових робіт на навколишнє середовище Розрахунок параметрів ресурсозберігаючої конструкції забійки свердловинного заряду. Запропонувати способи удосконалення конструкції забійки з метою підвищення рівня ресурсозбереження та зменшення впливу вибухових робіт на навколишнє середовище.
Практичне заняття 5	Вибір екологічно безпечних вибухових речовин Вибір вибухової речовини для заданих гірничо-геологічних умов з позиції ресурсозбереження та ресурсоефективності. Складання переліку найбільш екологічно безпечних вибухових речовин, які застосовуються у світі під час проведення підірвних робіт на гірничовидобувних підприємствах.
Практичне заняття 6	Екологічний вплив підземного видобутку та можливості утилізації шахтного метану Аналіз впливу підземної розробки родовищ корисних копалин на довкілля. Можливості використання шахтного метану.
Практичне заняття 7	МКР
Практичне заняття 8	Впровадження моделі кругової економіки на гірничовидобувному підприємстві Створити замкнений цикл або перевести гірниче підприємство на рельси кругової економіки (рішення напрацьовуються на прикладі конкретного підприємства).

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до лекцій – 15 год;

підготовку до практичних занять – 14 год;

підготовку до МКР – 2 год;

підготовку до заліку – 6 год;

самостійне опрацювання окремих питань – 37 год.

Тема	Кількість годин
Ресурсозберігаючі технології видобутку нафти та газу	9
Енергоефективність транспортування вуглеводнів	7
Утилізація супутнього нафтового газу	7
Утилізація та нейтралізація нафтових шлаків і бурових відходів	7
Екологічні ризики та захист водних об'єктів при морському бурінні	7

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom, а також відкрито курс «Ресурсозберігаючі технології отримання мінеральної сировини» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Заняття згідно з розкладом проводяться за допомогою додатку Zoom (за умови дистанційного навчання). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський».

Під час проходження курсу «Ресурсозберігаючі технології отримання мінеральної сировини» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Ресурсозберігаючі технології отримання мінеральної сировини» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагиату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: завдання в рамках практичного заняття (7 практичних робіт $\times$ 10 балів = 70 балів), МКР (30 балів).

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 10 балів за такими критеріями:

- завдання виконано повністю, з дотриманням усіх вимог; результати роботи обґрунтовані, оформлення чітке й логічне; продемонстровано високий рівень самостійності та творчого підходу – 10–9 балів;
- завдання виконано правильно, але з незначними недоліками у розрахунках, аргументації чи оформленні; проявлено достатній рівень самостійності – 8–7 балів;
- робота виконана частково; є суттєві помилки у змісті чи розрахунках; результати подані поверхнево, без належного обґрунтування; рівень самостійності низький – 6 балів;
- завдання не виконане або виконане з грубими помилками; відсутня самостійність та належне оформлення – 0 балів.

МКР складається із тестових завдань трьох рівнів складності. Перший рівень складності містить дванадцять запитань, на кожне з яких пропонується декілька відповідей, лише одна правильна. Кожна правильна відповідь у рамках першого рівня оцінюється в 1 бал. Другий рівень складності має на меті перевірку знань щодо застосування тих чи інших політик, методик, підходів і передбачає надання правильної відповіді за результатами роботи із кейсами. Містить такий рівень три завдання, кожне з яких оцінюється у 4 бали. Третій рівень складності передбачає розв'язок задачі і за результатами розв'язку – вибір правильної відповіді, оцінюється таке завдання у 6 балів. МКР вважається зарахованою, якщо студент набрав 60 % максимально можливих балів, тобто 18 балів.

Семестровий контроль: залік.

Студенти, які мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, студент виконує залікову контрольну роботу. Сума балів за залікову контрольну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку

за результатами залікової контрольної роботи. Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за рейтингом.

Залікова контрольна робота оцінюється у 100 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та задачі.

Кожне теоретичне запитання оцінюється в 30 балів за такими критеріями:

- відповідь повна, логічна й системна; розкрито всі ключові аспекти запитання з належними прикладами та поясненнями; використано наукову термінологію; виклад чіткий та грамотний, без фактичних помилок – 30 – 28 балів;
- відповідь загалом правильна і достатньо повна, проте є окремі неточності, неповне розкриття окремих аспектів або недоліки в структурі; термінологія використовується правильно, але не завжди послідовно – 26 – 22 бали;
- відповідь часткова, поверхнева; розкрито лише основні положення, відсутні приклади чи обґрунтування; допущені окремі фактичні або логічні помилки; структура нечітка – 20 – 18 балів;
- відповідь відсутня, не розкриває суті запитання або містить грубі помилки, що свідчать про незрозуміння матеріалу – 0 балів.

Задача оцінюється в 40 балів за такими критеріями:

- задача розв'язана повністю та правильно; усі етапи рішення подані чітко й послідовно; розрахунки обґрунтовані та без помилок; кінцевий результат правильний – 40 – 36 балів;
- задача розв'язана правильно, але з незначними неточностями у проміжних розрахунках або поясненнях – 34 – 30 балів;
- задача розв'язана частково (не менше 60 %); є помилки у розрахунках чи логіці розв'язання; кінцевий результат неповний – 28 – 24 бали;
- задача не виконана (менше 60 %), розв'язання відсутнє або неправильне – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Результати навчання, набуті у неформальній / інформальній освіті можуть бути визнані відповідно до Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/node/179>). Зарахована може бути як навчальна дисципліна повністю, так і її складові (змістовні модулі, окремі теми).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф., д. т. н., проф. Твердою Оксаною Ярославівною та проф., д. т. н., проф. Ткачуком Костянтином Костянтиновичем

Ухвалено кафедрою геоінженерії (протокол № 15 від 23 червня 2025 року)

Погоджено навчально-методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 30 від 25 червня 2025 року)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Проаналізуйте взаємозв'язок між хіміко-мінералогічним складом сировини та потенційними екологічними ризиками (наприклад, утворенням кислотного дренажу).
2. Визначте ключові екологічні критерії оцінки якості мінеральної сировини, які мають пріоритет перед технологічними критеріями.
3. Поясніть значення та методiku прогнозування обсягів відходів (пустих порід) вже на етапі геолого-розвідувальних робіт.
4. Порівняйте екологічний вплив глибинної розвідки (буріння) та дистанційних методів розвідки, та обґрунтуйте вибір малоінвазивних технологій.
5. Оберіть найбільш доцільний спосіб оцінки сировини (фізичний, хімічний, біологічний) для прогнозування її спроможності до біовилугування.
6. Обґрунтуйте необхідність включення соціальних витрат (наприклад, компенсація за порушення земель) у розрахунок еколого-економічної доцільності розробки родовища.
7. Порівняйте основні екологічні проблеми, що виникають при відкритому та підземному способах розробки родовищ.
8. Проаналізуйте ресурсозберігаючий ефект від впровадження селективного видобутку та його вплив на наступні процеси збагачення.
9. Визначте роль і значення технології закладання виробленого простору (backfilling) як ресурсозберігаючого та екологічного підходу.
10. Поясніть принципи раціонального вибору вибухових речовин та параметрів вибуху з метою мінімізації токсичних викидів.
11. Запропонуйте комплекс заходів для підвищення енергоефективності та зниження витрат палива кар'єрним транспортом.
12. Обґрунтуйте вплив своєчасного технічного обслуговування гірничого обладнання на зменшення непродуктивних витрат енергії та викидів забруднюючих речовин.
13. Проаналізуйте як автоматизація та цифровізація видобувних процесів сприяє зниженню питомого споживання ресурсів.
14. Порівняйте традиційні та ресурсозберігаючі технології подрібнення та помелу з точки зору їхньої енергоємності та впливу на якість подальшого збагачення.
15. Поясніть значення та принципи сортування сировини до збагачення (pre-concentration) для зниження навантаження на основні збагачувальні цикли.
16. Оберіть найбільш екологічно доцільний метод збагачення для тонковкраплених руд, обґрунтувавши свій вибір.
17. Визначте технологічні та екологічні переваги комплексного використання мінеральної сировини (вилучення супутніх компонентів).
18. Проаналізуйте методологію оцінки впливу на довкілля (ОВД) для гірничих проєктів та її роль у запобіганні екологічним ризикам.
19. Порівняйте методи очищення стічних шахтних вод (хімічні, біологічні) за їхньою ефективністю та ресурсоемністю.
20. Обґрунтуйте необхідність впровадження замкнених циклів водопостачання на гірничо-збагачувальних підприємствах.
21. Визначте ключові технології для утилізації нафтових шлаків та бурових відходів.
22. Запропонуйте способи використання шахтного метану.
23. Проаналізуйте роль техногенних родовищ (відвалів, хвостосховищ) у забезпеченні кругової економіки та зменшенні навантаження на довкілля.
24. Визначте основні економічні стимули та фінансові механізми (податки, пільги) для впровадження ресурсозберігаючих технологій.
25. Проаналізуйте ключові нормативно-правові акти України, що регулюють надрокористування, управління відходами та ресурсозбереження у гірничій галузі.
26. Поясніть зміст концепції "Розширеної відповідальності виробника (РВВ)" та її застосування до гірничої сировини.
27. Порівняйте підходи до рекультивації порушених земель (технічний, біологічний етап) та обґрунтуйте критерії екологічної успішності рекультивації.
28. Запропонуйте механізми залучення місцевих громад до процесів екологічного моніторингу та управління ризиками гірничої діяльності.
29. Проаналізуйте потенціал біоремедіації для очищення забруднених гірничих територій.

30. *Визначте роль міжнародних стандартів ISO 14000 у системі екологічного управління гірничодобувного підприємства.*
31. *Порівняйте ресурсозберігаючі технології видобутку нафти з традиційними та оцініть їхні екологічні переваги.*
32. *Оберіть найбільш ефективний спосіб утилізації супутнього нафтового газу з погляду зменшення викидів парникових газів.*
33. *Обґрунтуйте економічні та екологічні переваги застосування геоінформаційних систем (ГІС) для моніторингу стану відвалів та хвостосховищ.*
34. *Запропонуйте інноваційні технології, які можуть суттєво знизити водоемність процесів збагачення.*
35. *Проаналізуйте вплив світових тенденцій "зелених" інвестицій на розвиток ресурсозберігаючих технологій в Україні.*
36. *Визначте глобальні виклики для гірничої промисловості, пов'язані з дефіцитом критичної сировини, та роль ресурсозберігаючих технологій у їх подоланні.*