Міністерство освіти і науки України

Державний вищий навчальний заклад

«Національний гірничий університет»

**Комплексна система геомоніторингу промислово-видобувних територій**

1. ДЕРЕВЯГІНА Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет».

2. ПРИХОДЧЕНКО Дмитро Васильович, кандидат геологічних наук, доцент кафедри загальної та структурної геології Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет».

3. СОЦКОВ Вадим Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет».

4. ТРЕГУБ Микола Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет».

Робота подається вперше.

**Реферат**

**Дніпро – 2018**

**Актуальність роботи**

Основними джерелами енергії є природні паливно-енергетичні ресурси, такі як нафта, вугілля, газ тощо. На їх частку припадає до 90% виробленої в світі енергії, інша частина - за рахунок відновлюваних джерел. У таких умовах від швидкості і ступеня освоєння природних паливно-енергетичних ресурсів залежить динаміка і кон'юнктура розвитку світової економіки. Згідно з прогнозом Інституту енергетичних ресурсів (IER, USA), загальна структура паливно-енергетичного балансу до 2035 року не зазнає значних змін: провідна роль залишається за мінеральними ресурсами. У зв'язку з цим державна політика України має спрямовуватися на проведення комплексу заходів щодо забезпечення сталого енергоефективного видобутку сировини, який містить в собі і низку труднощів. Розробка вугільних пластів в Україні ведеться, в основному, в складних гірничо-геологічних умовах Західного Донбасу (Дніпропетровський регіон), на території якого залягає 25 млрд. т вугілля, що складає 21,3% від загальних ресурсів країни. Необхідність використання нових ресурсозберігаючих підходів до відпрацювання вугільних родовищ в умовах слабометаморфізованих порід з урахуванням зміни напружено-деформованого стану тонкошаруватого гірського масиву під час просування очисного вибою вимагає підвищення ефективності підтримання виробок для забезпечення їх маловитратного функціонування.

Розвиток нових технологій використання вугілля підвищує вимоги до своєчасної комплексної оцінки його складу і якості окремих вугленосних площ, виявленню їх регіональних особливостей. Через це набуває актуального значення встановлення генетичних особливостей вугленосних товщ, визначення закономірностей їх зміни у просторі з подальшим визначенням раціональних напрямів використання вугілля за чистими енерготехнологіями.

Комплексне освоєння родовищ також неможливе без моніторингу і прогнозування гідрогеомеханічних процесів на поверхні землі, що у більшості випадків залежать від просідання земної поверхні і провокують інші негативні фізико-геологічні явища, наприклад, підтоплення, просідання, активізацію зсувних процесів тощо. Дніпропетровщина – це територія, на якій поширені льосові грунти, відомі своїми специфічними інженерно-геологічними властивостями, що напряму пов'язані з процесами зсувоутворення. При цьому діючі нормативи для проектування і будівництва на таких ґрунтах не враховують повною мірою їх специфіку. Це зумовило необхідність обґрунтування нового підходу до оцінки стану зсувних льосових масивів з урахуванням геомеханічних і фільтраційних процесів масиву в умовах техногенного навантаження.

Система моніторингу стійкості об’єктів, а також використання земельних ресурсів має включати визначений перелік заходів і методик, які б враховували особливості промислово-видобувних територій. Необхідно забезпечити можливість проведення геодезичного моніторингу таких територій, у разі зміни системи координат або втрати вихідних пунктів і відсутності можливості використання трансформаційного поля. Це дозволить прогнозувати розвиток об’єктів у часі, розробляти комплексну технологію охорони земель та забезпечити стале землекористування прилеглих територій.

Запропонований в роботі комплексний геомоніторинг під час освоєння родовищ базується на врахуванні всіх рівнів гірничо-видобувної промисловості, починаючи з геолого-розвідувальних робіт і закінчуючи заходами після закриття підприємства, а також раціоналізацією землекористування територій, що знаходяться у безпосередній близькості. Геомоніторинг включає в себе планування, контроль та прогноз динаміки розвитку в просторі та часі системи “підземний об'єкт - масив гірських порід - наземне середовище”. Тому урахування ресурсного потенціалу промислово-видобувних територій, технологічного забезпечення видобутку вугілля та прогнозу гідрогеомеханічної стійкості масивів на всіх етапах їх еволюції є актуальною науково-прикладною задачею. Запропонована методологія, що відпрацьована на територіях видобутку вугілля, може бути використана при підземній розробці родовищ будь-якого походження (генезису).

**Метою роботи** є розробка комплексної системи геомоніторингу промислово-видобувних територій з урахуванням їх ресурсного потенціалу, технологічного забезпечення енергоефективного видобутку сировини та обґрунтування гідрогеомеханічної стійкості масивів у векторі сталого землекористування.

**Завдання роботи**

1. Провести комплексну геолого-технологічну оцінку вугільних ресурсів і визначити раціональні напрями їх використання з впровадженням чистих вугільних енерготехнологій.

2. Обґрунтувати використання раціональних ресурсозберігаючих підходів до відпрацювання вугільних родовищ в умовах слабометаморфізованих порід для забезпечення ефективного та безаварійного видобутку.

3. Дослідити механізм поверхневих гідрогеомеханічних процесів структурно ослаблених порід промислово навантажених територій з використанням комплексної енергетичної моделі стійкості породних масивів.

4. Обґрунтувати підходи до моніторингу та прогнозування зміни просторових характеристик порушених земель та розробити метод встановлення меж охоронних зон на місцевості з їх подальшою державною реєстрацією.

5. Систематизувати фактори, які впливають на сталий розвиток промислово-видобувних територій та розробити алгоритм їх комплексного геомоніторингу у часі та просторі.

**Методи дослідження.** Авторами використані фундаментальні основи механіки гірських порід, фільтрації, геоміграції, динаміки складних систем, а також аналіз світового та вітчизняного досвіду в області функціонування промислово-видобувних територій. Застосовано комплекс методів вуглепетрографії, літології, використано результати вуглехімічних та хіміко-технологічних методів. Висновки зроблено за результатами обробки даних хіміко-технологічного аналізу та речовинного складу понад 3100 свердловин (4275 пластоперетинів). Експериментальні дослідження ослаблених порід проведені на сучасному обладнанні – стабілометр Tri-Scan 50 (Великобританія), прес КС-200/EUR (Італія). Під час проведення шахтних експериментальних досліджень вивчено 374 шліфів у прохідному світлі (POLAM P-312). Для обробки результатів експериментів використано генетичний, статистико-аналітичний та інформаційний методи. Для моделювання, візуалізації та аналізу змін показників якості вугілля за латераллю і розрахунків, використано програмні комплекси Golden Software Surfer та Statistica Statsoft*.* Обчислювальні експерименти проведено на основі методу кінцевих елементів та кінцевих різниць (Solidworks, ANSYS, Modflow).

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**  Роботу виконано на кафедрах загальної та структурної геології; гідрогеології та інженерної геології; геодезії; підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет», відповідно до плану найважливіших держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України: ГП-440 «Фізико-технічні основи енергозберігаючої технології підземної розробки тонких і вельми тонких вугільних пластів» (№ держреєстрації 0111U002810); ГП–443 “Геолого-гідрогеологічне та геофізичне обґрунтування параметрів експлуатації і акумуляції теплової енергії техногенних газогідротермальних родовищ Донбасу” (№ держреєстрації 0111U002813), ГП-450 «Наукові основи деформування просторово-неоднорідної системи «масив-кріплення» з урахуванням контролю умов праці у шахтах за пиловим фактором» (№ держреєстрації 0112U000869); В3341101000/ОБ-52 «Розроблення технологічного регламенту кріплення і охорони виїмкових виробок на пологих пластах» (№ держреєстрації 0111U009438); ГП–459 (№ держреєстрації 0113U000403) «Наукові основи раціонального використання вугільних ресурсів середнього карбону Західного Донбасу», ГП-469 «Розробка засад синтезу інформаційних і геомеханічних систем керування процесами підземних гірничих робіт» (№ держреєстрації 0114U006105); ГП–479 “Обґрунтування комплексу геотехнологічних модулів з використання природнотехногенного ресурсу родовищ корисних копалин України” (№ держреєстрації 0115U002300), ГП – 463 (№ держреєстрації 0113U000407), ГП-492 “Термогідродинамічна і геотехнологічна параметризація геогідротермальних ресурсів України у техногенному геологічному середовищі” (№ держреєстрації 0115U002297), ГП-493 «Теоретичні та практичні основи управління нестійкими геомеханічними системами «масив – кріплення» підземних виробок» (№ держреєстрації 0117U001131); ГП-497 «Ресурсозберігаюча геотехнологічна і гідродинамічна параметризація видобутку малопотужних запасів мінеральної сировини у техногенно навантаженому середовищі» (№ держреєстрації 0117U006753), господарчих договорів з підприємствами (№№ 040823-040828, 040830-040833). Автори роботи, що представляється, були керівниками, відповідальними виконавцями та основними виконавцями цих тем.

**Наукова новизна отриманих результатів**.

– вперше для середнього карбону Західного Донбасу за комплексом вуглепетрографічних методів, як складової системи геомоніторингу, виділено дві групи пластів: нижня (башкирський ярус) і верхня (московський ярус), які мають окремі петрогенетичні особливості вугілля, що визначають напрями його використання у промисловості;

– встановлено, що вугілля нижньої групи характеризуються меншою вологістю (Wa ср. = 4,1 % ), зольністю (Ad = 16,7 – 18,9/17,7 %). сірчистістю та наявністю спікливості (Y = 5–6 мм. RJ = 20 – 50 ум.од), і відносится до марок Д, ДГ та, частково, Г. Вугілля верхньої групи характеризується зниженими показниками спікливості, виходу первинної смоли, зольності (Ad = 11,3 – 19,8/14,7 %), теплоти згоряння, вмісту вуглецю, поряд з підвищеним вмістом вологи (Wa = 5,8 %), сірки, кисню, гумінових кислот і летких речовин, у золі вугілля в підвищеній кількості присутні оксиди натрію і калію, що впливає на вибір та обґрунтування напрямів їх використання (вугілля марки Д);

– вперше розроблена просторова геомеханічна модель для дослідження проходження лави над підготовчою виробкою з урахуванням впливу глибини ведення робіт, структури і властивостей гірських порід, положення очисного вибою і параметрів кріплення виробки, що дозволило максимально наблизити модель до реальних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов для підвищення адекватності одержаних результатів;

– проаналізовано характер і розміри зон опорного тиску, та встановлено, що вплив очисних робіт провокує зростання напружень до 350 - 400% в кріпленні виробок, що надпрацьовуються. Встановлено, що найбільш інтенсивний вплив на систему кріплення відбувається при розташуванні очисного вибою безпосередньо над виробкою;

– виявлено залежність раціональної відстані *h* штреку до вугільного пласта від глибини *H* розміщення виробки і середнього розрахункового опору стисненню вміщуючого масиву. Це дозволило встановити, що мінімально достатня глибина розташування дренажного штреку в підошві вугільного пласта для умов Західного Донбасу змінюється в діапазоні 8 – 24 м і запропонувати вираз для розрахунку *h* в конкретній гірничо-геологічній ситуації.

– встановлено нові закономірності зв'язку параметрів кріплення виробки, що надпрацьовується, з геомеханічними факторами її підтримки, що відрізняються від відомих з урахуванням їх взаємовпливу як в домежних, так і позамежних стадіях деформування кожної складової геотехнічної системи;

– експериментально досліджені закономірності ослаблення структурної стійкості льосових порід регіону. Вперше встановлено, що анізотропія льосового масиву набуває інверсії внаслідок техногенного впливу фільтраційних і деформаційних процесів у присхилових областях при девіаторі напружень 150...200 кПа, що призводить до активізації процесів глибинної ерозії в льосових породах, при цьому значення коефіцієнта фільтрації в горизонтальному і вертикальному напрямках відрізняються до 9 разів;

– обґрунтовано математична модель фільтраційних процесів техногенно навантаженого льосового масиву площі ж/м “Тополя” за скінченнорізницевою схемою. Рішення варіантного ряду нестаціонарних обернених задач дозволили сформувати повну ретроспективну картину динаміки рівневого режиму підземних вод і встановити, що техногенна інфільтрація майже втричі перевищує природну та є основним фактором зсувонебезпечності;

– вперше експериментально отримано кількісні значення виносу часток та їх гранулометричний склад для техногенно зміненого льосового суглинку Дніпропетровського регіону з виділенням зони переходу суфозії в глибинну ерозію при інтервалі девіатора напружень 150...200 кПа та гідравлічному градієнту від 20 кПа;

– розроблено принципово нову модель стійкості структурно ослаблених льосових порід для прогнозу стійкості основ будівель і споруд, що базується на врахуванні енергетичних і гідродинамічних параметрів при довтотривалому техногенному навантаженні на масив;

– вперше досліджено можливості проведення геомоніторингу промислово-видобувних територій, у разі зміни системи координат або втрати вихідних пунктів і відсутності можливості використання трансформаційного поля;

– встановлено взаємозв’язки між розмірами зон дії обмежень промислових об’єктів та їх конфігурацією, з урахуванням критерію мінімалізації втрати площ, що дозволяє раціонально використовувати прилеглі території;

– вперше використано системний підхід до визначення факторів, що впливають на просторове розміщення промислових підприємств;

– обґрунтовано складові інформаційної взаємодії під час проектування, визначення розмірів та державної реєстрації охоронних зон.

**Наукове значення роботи** визначають вперше встановлені закономірності та їх науково-практичне використання, а саме:

– латеральні та стратиграфічні закономірності зміни петрографічного складу та показників якості вугілля як прогнозні критерії для планування його подальшого енергоефективного використання;

– встановлено параметри системи кріплення виробки, що надпрацьовується очисними роботами по вищерозташованому вугільному пласту, на основі аналізу закономірностей впливу напружено-деформованого стану породного масиву на стійкість підготовчої виробки від глибини її проведення та властивостей гірських порід;

– закономірності фільтраційних і поверхневих деформаційних процесів при довготривалому техногенному навантаженні регіону з формуванням зсувів течії і виділенням критичної фази фільтраційної інверсії для прогнозу стійкості ґрунтових схилів;

– встановлено особливості прогнозування зміни просторових характеристик порушених земель за допомогою наземного геомоніторингу з використанням GNSS обладнання геодезичного класу точності у випадках зміни систем координат пунктів спостережень;

– обґрунтовано закономірності взаємозв’язків між видом охоронних зон і конфігурацією меж під час їх проектування та встановлення на місцевості, а також фактори сталого землекористування промислових територій.

**Практичне значення результатів роботи.**

– розроблено методологічні засади інтерпретації даних про склад та якість вугілля для обґрунтування шляхів його раціонального використання; доведено, що головними чинниками, які контролюють якість середньокарбонового вугілля Західного Донбасу є ступінь метаморфізму, петрографічний склад та ступінь відновленості вугілля;

– обґрунтовано комплексний підхід до геомоніторингу вугільних ресурсів на всіх стадіях: від геологорозвідувальних до видобувних робіт;

– рекомендовано шляхи використання вугілля низьких рангів Дніпровсько-Харківського регіону, як ресурсної бази для чистих вугільних енерготехнологій, синтетичного та водовугільного палива за допомогою комплексу петрографічних та хіміко-технологічних показників;

– розроблено рекомендації з розташування виробки, що надпрацьовується, відносно вугільного пласта, що дозволить знизити вплив очисних робіт на стійкість виробок;

– обґрунтовано методику вибору раціональних параметрів засобів кріплення підготовчих виробок в умовах надпрацювання, що дозволить знизити матеріаломісткість кріплення без зниження стійкості виробки;

– обґрунтовано методику оцінки стійкості ослаблених масивів, яка базується на врахуванні енергетичних і гідродинамічних параметрів, що адаптована для розв’язання задач стійкості льосів у техногенно порушеному геологічному середовищі. Встановлено, що основним параметром, який визначає зсувонебезпечність ослабленого масиву, є потенціал активації схилу у вигляді суми градієнтів повної енергії та градієнтів деформацій. Потенціал активації в стадії активізації зсувного процесу знаходиться в діапазоні 0,08...0,09 і є критичним;

– вирішено практичні завдання оцінки стійкості льосових порід на конкретних об’єктах з високим ступенем антропогенного впливу. Визначено інтервали глибин і геологічні шари з найбільш інтенсивним розвитком деформаційних і суфозійних процесів за результатами аналізу енергетичних і фільтраційних властивостей техногенно навантаженого масиву;

– впроваджений у практику метод порівняння векторів між станціями спостереження під час проведення геомоніторингу у разі зміни систем координат або втрати вихідних пунктів на схилах природних балок;

– розроблено методику проектування і винесення на місцевість меж охоронних зон об’єктів промисловості;

– розроблений порядок інформаційної взаємодії між різними суб’єктами інформаційного забезпечення для реєстрації охоронних зон у державному земельному кадастрі.

**Реалізація результатів роботи.** Результати досліджень впроваджено у ТОВ НВП “ДніпроДІІНТР” у вигляді рекомендацій щодо проектування і проведення моніторингових та інженерних заходів на потенційно зсувонебезпечній ділянці ж/м “Тополя”, проекті і впровадженні підсилення основ фундаментів будинку ОСББ ЖК “Славний” інститутом “Дніпропроектстальконструкція” з реальним економічним ефектом 2,5 млн грн. Розроблено та затверджено «Технологічний регламент кріплення та охорони виїмкових виробок на пологих пластах» (Міністерство палива та енергетики України). Впроваджено «Методику визначення раціональних параметрів розташування та засобів кріплення виробок, що надпрацьовуються, в тонкошаруватому масиві слабких порід», яка передана для використання при складанні проектної документації в ШУ «Тернівське» ПАО "ДТЕК Павлоградвугілля". Річний економічний ефект склав 2,45 млн грн по шахті “Самарська”. Річний економічний ефект при проектуванні 171 лави шахти “Степова” з використанням методики склав 338 тис грн.

**Кількість публікацій:** 103, в т.ч. 3 монографії, 1 патент України, 1 нормативний документ, 62 статті (з них 12 – у зарубіжних виданнях, 9 – у виданнях, що входять у наукометричну базу Scopus, WoS, 2 – у виданнях, що входять у наукометричну базу Index Coperniсus, 39 - у фахових виданнях з переліку МОН України), 36 -у збірниках матеріалів конференцій. Згідно з базою даних Google Shcolar h-індекс (за роботою) = 8, Scopus h-індекс (за роботою) = 2. За даною тематикою захищено 4 кандидатські дисертації.

Автори роботи:

Н.І. Деревягіна

Д.В. Приходченко

В.О. Соцков

М.В. Трегуб