

УДК 349.4:55:004.8

DOI <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.04.2.5>

МІСЦЕ AI-ТЕХНОЛОГІЙ В ГЕОЛОГО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРАВОВІДНОСИНАХ

Кірін Р.С.,*доктор юридичних наук, доцент,**провідний науковий співробітник,**Державна установа «Інститут економіко-правових досліджень**ім. В.К. Мамутова НАН України»**ORCID: 0000-0003-0089-4086***Пашченко О.А.,***кандидат технічних наук, доцент,**доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння,**Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**ORCID: 0000-0003-3296-996X***Хоменко В.Л.,***кандидат технічних наук, доцент,**доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння,**Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**ORCID: 0000-0002-3607-5106*

Кірін Р.С., Пашченко О.А., Хоменко В.Л. Місце AI-технологій в геолого-інформаційних правовідносинах.

Стаття присвячена аналізу місця та перспектив використання штучного інтелекту (AI) у геолого-інформаційних правовідносинах, що є актуальною темою в контексті швидкого розвитку цифрових технологій та їх впливу на геологічну науку й правову практику. Визначено роль AI-технологій у обробці геологічних даних, прогнозуванні геологічних процесів і оптимізації розвідки та видобутку корисних копалин, а також проведено аналіз правових, етичних і соціально-економічних аспектів їх інтеграції.

У статті розглядаються теоретичні основи геолого-інформаційних правовідносин, включаючи їх сутність, суб'єкти та об'єкти, аналізується нормативно-правова база, зокрема міжнародні акти та національне законодавство України. Підкреслено їх недостатність для AI-регулювання. Особлива увага приділяється характеристикам геологічної інформації, таким як великий обсяг, складність і конфіденційність, що створюють специфічні виклики для використання AI.

Досліджується роль AI у геолого-інформаційних процесах, зокрема автоматизація збору й аналізу даних, використання нейронних мереж і глибокого навчання для моделювання родовищ і аналізу сейсмічних даних, наводяться приклади практичного застосування AI. Водночас висвітлюються правові аспекти, такі як регулювання AI, розподіл відповідальності за помилки, захист конфіденційної геоінформації та етичні питання, пов'язані з прозорістю алгоритмів і упередженістю даних.

Аналізуються виклики інтеграції AI, включаючи технічні обмеження, правові прогалини і соціально-економічні наслідки. Пропонуються перспективи розвитку, зокрема впровадження інноваційних AI-технологій, уніфікація міжнародних стандартів і рекомендації щодо вдосконалення законодавства, включаючи сертифікацію AI-систем і захист даних. Підкреслюється трансформаційна роль AI у геологічних дослідженнях і необхідність гармонізації правового регулювання для забезпечення етичного та ефективного використання технологій. Подальші напрямки досліджень включають оцінку упередженості даних, розробку моделей відповідальності та міжнародну співпрацю для стандартизації AI.

Ключові слова: штучний інтелект, геолого-інформаційні правовідносини, геологічні дані, нейронні мережі, правове регулювання, захист даних, геологічна розвідка.

Kirin R.S., Pashchenko O.A., Khomenko V.L. The place of AI technologies in geological and information legal relations.

The article analyzes the place and prospects of artificial intelligence (AI) in geological and information legal relations, which is a topical issue in the context of rapid development of digital technologies and their impact on geological science and legal practice. The article defines the role of AI technologies in

processing geological data, forecasting geological processes and optimizing exploration and production of mineral resources, and also analyzes the legal, ethical and socio-economic aspects of their integration.

The article discusses the theoretical foundations of geological and information legal relations, including their essence, subjects and objects, and analyzes the regulatory framework, in particular, international acts and national legislation of Ukraine. The author emphasizes their insufficiency for AI regulation. Particular attention is paid to the characteristics of geological information, such as large volume, complexity, and confidentiality, which create specific challenges for the use of AI.

The article explores the role of AI in geological information processes, including automation of data collection and analysis, use of neural networks and deep learning for field modeling and seismic data analysis, and provides examples of practical applications of AI. At the same time, legal aspects such as AI regulation, allocation of responsibility for errors, protection of confidential geoinformation, and ethical issues related to algorithm transparency and data bias are highlighted.

The challenges of AI integration are analyzed, including technical limitations, legal gaps, and socioeconomic consequences. Prospects for development are proposed, including the introduction of innovative AI technologies, the unification of international standards, and recommendations for improving legislation, including the certification of AI systems and data protection. The transformational role of AI in geological research and the need to harmonize legal regulation to ensure the ethical and efficient use of technologies are emphasized. Further areas of research include the assessment of data bias, the development of liability models, and international cooperation for AI standardization.

Key words: artificial intelligence, geological and information legal relations, geological data, neural networks, legal regulation, data protection, geological exploration.

Постановка проблеми. У сучасному світі швидкий розвиток технологій штучного інтелекту (далі – AI) відкриває нові можливості для різних галузей науки, техніки та суспільного життя. Однією з таких сфер є геолого-інформаційні правовідносини, де AI-технології знаходять все ширше застосування, сприяючи автоматизації процесів, підвищенню точності аналізу даних і оптимізації прийняття рішень.

Актуальність теми, як із наукової, так і з практичної точки зору, зумовлена кількома факторами. По-перше, геологічна інформація є важливим ресурсом для економічного розвитку, оскільки вона використовується для пошуку, розвідки та видобування корисних копалин (далі – ВКК), а також для вирішення екологічних і соціальних питань. По-друге, зростання обсягів геоінформаційних даних (далі – ГІД), їх складність і необхідність швидкої обробки роблять традиційні методи аналізу недостатньо ефективними. AI-технології, такі як машинне навчання (далі – ML), нейронні мережі та аналіз великих даних, дозволяють значно прискорити обробку інформації, підвищити точність прогнозів і зменшити витрати. Водночас інтеграція AI у геолого-інформаційні процеси породжує низку правових питань, пов'язаних із захистом даних, відповідальністю за рішення, прийняті на основі AI, та етичними аспектами використання таких технологій.

Мета дослідження полягає у визначенні ролі та перспектив використання AI-технологій у геолого-інформаційних правовідносинах, а також у виявленні ключових викликів, пов'язаних із їх інтеграцією в цю сферу. Для досягнення цієї мети буде проаналізовано сучасні тенденції застосування AI в геологічних дослідженнях, розглянуто правові аспекти його використання та запропоновано рекомендації щодо вдосконалення нормативно-правового регулювання.

Стан опрацювання проблематики. Огляд літератури показує, що сучасні дослідження зосереджені на кількох ключових напрямках. У сфері геології активно вивчається застосування AI для моделювання геологічних процесів, аналізу сейсмічних даних та прогнозування родовищ корисних копалин (далі – РКК). Наприклад, у колективній роботі ще у минулому сторіччі вже демонструвалося успішне використання нейронних мереж для інтерпретації геофізичних даних [1]. У геолого-правовій сфері, зокрема китайські дослідники, аналізують виклики, пов'язані з регулюванням AI, зокрема щодо захисту інтелектуальної власності (далі – IP) на геологічні дані та відповідальності за помилки алгоритмів [2]. Питання теорії, практики та правові аспекти використання ML для моделювання механічних процесів у гірничій справі були предметом дослідження міжнародної групи науковців [3]. Також певні аспекти геолого-інформаційних правовідносин розглядалися у попередніх роботах [4, 5]. Проте комплексних досліджень, які б поєднували геологічні та правові аспекти використання AI, наразі недостатньо, що підкреслює новизну пропонованої статті.

Виклад основного матеріалу. Структура статті побудована таким чином, щоб системно висвітлити заявлену для дослідження тему. Зокрема для її досягнення передбачено виконання наступних завдань: розгляд теоретичних основ геолого-інформаційних правовідносин, включаючи їх визначення, суб'єкти, об'єкти та нормативно-правову базу; аналіз ролі AI-технологій у геолого-інформаційних процесах, зокрема їх застосуванню в обробці даних і моделюванні; дослідження

правових аспектів використання AI, включаючи питання відповідальності, захисту даних і етики; висвітлення викликів та ризиків інтеграції AI; огляд перспектив розвитку AI-технологій в геології та їх правового регулювання. Такий підхід дозволяє комплексно проаналізувати місце AI-технологій у геолого-інформаційних правовідносинах, поєднуючи наукові, технічні та правові аспекти.

Теоретичні основи геолого-інформаційних правовідносин. Геолого-інформаційні правовідносини можна визначити як сукупність суспільних відносин, що виникають у процесі створення, обробки, передачі, використання та захисту геологічної інформації. Сутність цих відносин полягає в регулюванні доступу до ГІД, її правомірного використання та захисту прав суб'єктів, які беруть участь у цих процесах. Суб'єктами таких правовідносин є державні органи (наприклад, геологічна служба, установи, підприємства, міністерства), приватні компанії (розвідувальні, видобувні), наукові установи, а також фізичні особи, які беруть участь у геологічних дослідженнях. Об'єктами виступає геологічна інформація, що включає дані про структуру земної кори, РКК, сейсмічні характеристики, геохімічні та геофізичні показники. Ці об'єкти можуть бути представлені у вигляді звітів, карт, баз даних, 3D-моделей тощо.

Нормативно-правова база геолого-інформаційних правовідносин формується на основі міжнародних і національних правових актів. На міжнародному рівні ключовими є конвенції, такі як Конвенція ООН з морського права (*UNCLOS*) [6], яка регулює доступ до геологічних даних у межах морських територій, а також стандарти ISO щодо геоінформаційних систем (далі – ГІС). На національному рівні в Україні ці відносини регулюються Кодексом України про надра (далі – КпН) [7], законами України «Про державну геологічну службу України» [8], «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», а також спеціальними підзаконними нормативно-правовими актами, що стосуються розпорядження геологічною інформацією [9], ведення, функціонування та доступу до інформації єдиної державної електронної ГІС користування надрами [10], дозвільного механізму геологічної діяльності, захисту даних тощо.

Особливості геологічної інформації зумовлюють специфіку її використання в правовідносинах. По-перше, геологічні дані характеризуються великим обсягом, оскільки сучасні методи збору інформації, такі як сейсмічна розвідка чи супутникове зондування, генерують терабайти даних. По-друге, складність ГІД полягає в її неоднорідності: вона включає числові дані, графічні зображення, текстові звіти та моделі, що потребують спеціалізованих методів обробки. По-третє, конфіденційність є ключовою характеристикою, оскільки певна геологічна інформація, особливо про РКК, може мати комерційну цінність або стосуватися національної безпеки. Це вимагає чіткого правового регулювання доступу до даних, їх захисту від несанкціонованого використання та забезпечення прозорості в їх обігу [11, 12].

Для наочної ілюстрації структури теоретичних основ геолого-інформаційних правовідносин нижче наведено блок-схему (рис. 1).

Ця схема відображає взаємозв'язок між ключовими компонентами геолого-інформаційних правовідносин, підкреслюючи їх комплексний, міжгалузевий характер і необхідність системного підходу до регулювання.

Роль AI-технологій у геолого-інформаційних процесах. Одним із основних напрямів застосування AI є обробка геологічних даних, яка охоплює автоматизацію збору та аналізу ГІД. Сучасні геологічні дослідження генерують величезні обсяги даних, отриманих із сейсмічних досліджень, супутникових зображень, бурових операцій тощо. Традиційні методи обробки таких даних є трудомісткими та потребують значних часових і людських ресурсів. AI-технології, зокрема ML-алгоритми, дозволяють автоматизувати ці процеси, значно скорочуючи час на аналіз. Наприклад, системи на основі AI здатні автоматично класифікувати геологічні зразки, виявляти аномалії в даних і створювати попередні моделі геологічних структур без участі людини. Це дає змогу геологам зосередитися на інтерпретації результатів, а не на рутинній обробці інформації.

Використання ML для прогнозування геологічних процесів є ще одним важливим аспектом. ML-алгоритми, такі як нейронні мережі чи методи опорних векторів, дозволяють прогнозувати розташування родовищ корисних копалин, оцінювати ризики геологічних катастроф (наприклад, землетрусів чи зсувів) і передбачати поведінку геологічних систем у довгостроковій перспективі. Наприклад, ML-моделі можуть аналізувати історичні дані про геологічні процеси та поєднувати їх із сучасними вимірюваннями для створення точних прогнозів. Такі підходи вже успішно застосовуються в нафтогазовій галузі для оцінки потенціалу родовищ і оптимізації стратегій видобутку.

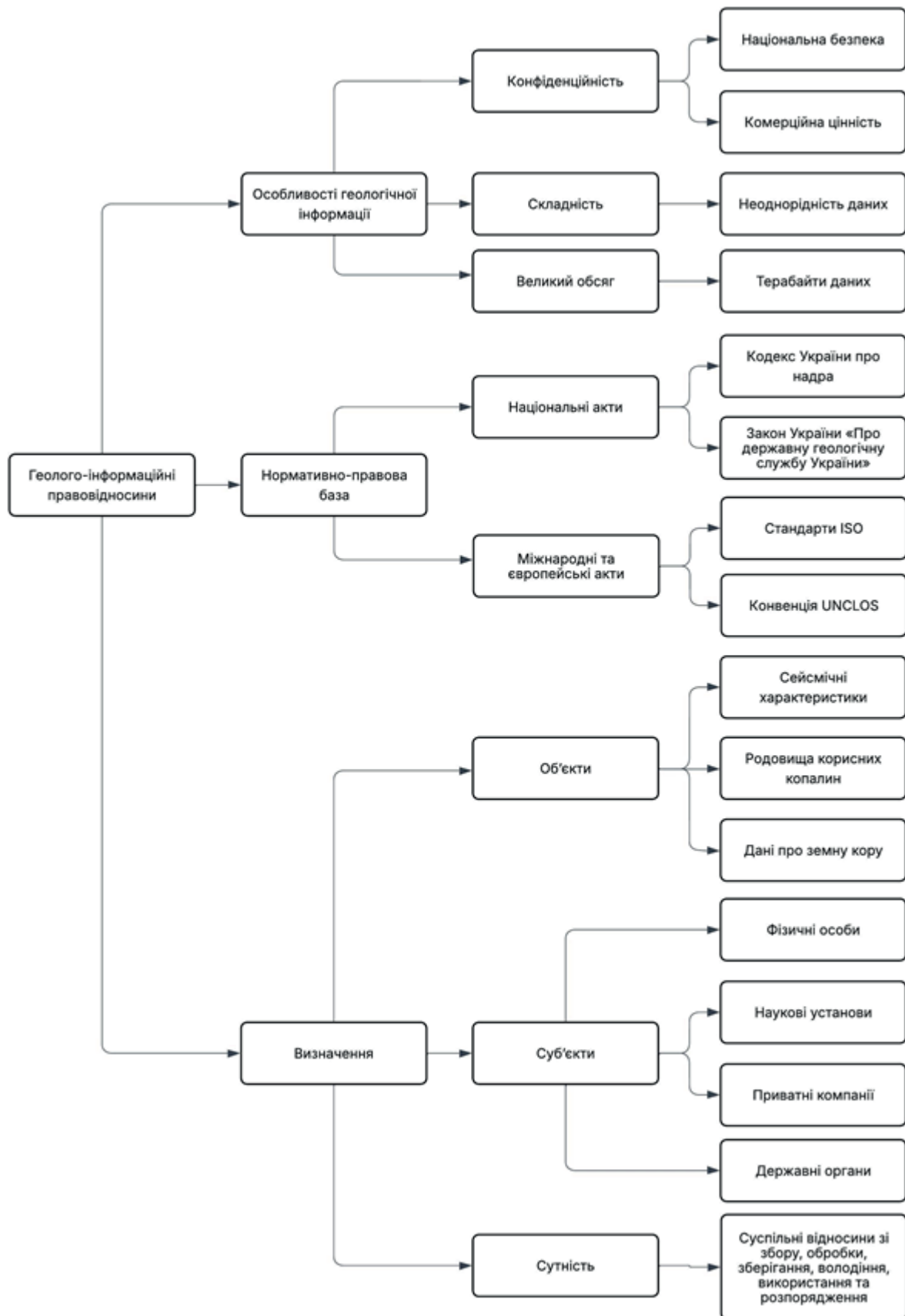


Рисунок 1. **Взаємозв'язок між ключовими компонентами геолого-інформаційних правовідносин**

Конкретні приклади застосування AI в геолого-інформаційних процесах включають моделювання РКК, аналіз сейсмічних даних та оптимізацію розвідки й ВКК. У моделюванні родовищ AI-технології дозволяють створювати тривимірні моделі геологічних структур на основі даних із різних джерел, таких як сейсмічні профілі чи результати буріння. Це допомагає точно визначити межі родовищ і оцінити їх економічний потенціал. Аналіз сейсмічних даних за допомогою AI значно підвищує точність інтерпретації, оскільки алгоритми здатні виявляти тонкі закономірності, які можуть бути непомітними для людського ока. Наприклад, глибокі нейронні мережі використовуються для автоматичного розпізнавання геологічних розломів і пластів у сейсмічних зображеннях. У сфері розвідки та видобутку AI сприяє оптимізації процесів, наприклад, шляхом вибору оптимальних місць для буріння або планування логістики видобувних операцій, що знижує витрати та екологічні ризики.

Переваги використання AI-технологій у геолого-інформаційних процесах є багатогранними. По-перше, AI забезпечує підвищення точності аналізу завдяки здатності обробляти великі обсяги даних і виявляти складні взаємозв'язки, які важко ідентифікувати традиційними методами. По-друге, автоматизація за допомогою AI значно зменшує витрати часу, дозволяючи виконувати складні обчислення за лічені хвилини замість тижнів. По-третє, використання AI сприяє економії ресурсів, оскільки оптимізує процеси розвідки, буріння та видобутку, знижуючи фінансові та екологічні витрати. Наприклад, застосування AI для вибору оптимальних місць буріння може зменшити кількість невдалих свердловин, що економить мільйони доларів і мінімізує вплив на довкілля.

Таким чином, AI-технології трансформують геолого-інформаційні процеси, забезпечуючи нові можливості для автоматизації, прогнозування та оптимізації. Їх інтеграція відкриває перспективи для підвищення ефективності геологічних досліджень, однак потребує подальшого вивчення з точки зору правового регулювання та етичних аспектів, що будуть розглянуті далі.

Правові аспекти використання AI в геолого-інформаційних відносинах. Регулювання AI-технологій у геолого-інформаційних відносинах наразі перебуває на етапі становлення. Існуючі правові норми щодо використання AI є фрагментарними та здебільшого зосереджені на загальних аспектах технологій, а не на їх специфічному застосуванні в геології. На міжнародному рівні регулювання AI регулюється такими документами, як Рекомендації ЮНЕСКО щодо AI-етики [13], які встановлюють принципи прозорості, справедливості та підзвітності. У Європейському Союзі прийнято Регламент (ЄС) 2024/1689 Європейського Парламенту та Ради щодо встановлення гармонізованих правил регулювання AI (AI Act) [14], який класифікує AI-системи за рівнем ризику та встановлює вимоги до їх використання, зокрема в критичних галузях. На національному рівні в Україні правове регулювання AI обмежується загальними нормами Концепції AI-розвитку в Україні та плану заходів з її реалізації (розпорядження КМУ від 02.12.2020 р. № 1556-р; від 09.05.2025 № 457-р), Концепції Державної цільової науково-технічної програми з використання AI-технологій в пріоритетних галузях економіки на період до 2026 р. (розпорядження КМУ від 13.04.2024 № 320-р), щодо захисту даних (Закон України «Про захист персональних даних») та IP-законодавства. Однак спеціалізованих норм, які б регулювали використання AI в геологічних дослідженнях, поки немає, що створює правову невизначеність у питаннях ліцензування, сертифікації AI-систем і контролю за їх застосуванням.

Проблеми відповідальності за помилки AI-систем є одним із ключових викликів у геолого-інформаційних відносинах. У геологічних дослідженнях помилки в інтерпретації даних, спричинені AI, можуть призвести до значних економічних втрат, наприклад, через буріння непродуктивних свердловин, або до екологічних ризиків, таких як порушення природних екосистем. Виникає питання про суб'єкта відповідальності за такі помилки – розробник AI-системи, оператор, який використовує систему або власник даних. Наразі правові системи більшості країн, включаючи Україну, не мають чітких норм щодо розподілу відповідальності в таких випадках. Наприклад, якщо AI-система неправильно прогнозує розташування родовища через неякісні вхідні дані, відповідальність може бути розмита між постачальником даних і розробником алгоритму. Це вимагає розробки нових правових підходів, які б визначали чіткі критерії відповідальності, включаючи обов'язок розробників забезпечувати якість і тестування AI-систем.

Захист даних є ще одним важливим аспектом, оскільки геологічна інформація часто має високу комерційну цінність і може стосуватися питань національної безпеки. Використання AI для обробки ГІД пов'язане з ризиками витоку даних, несанкціонованого доступу або кібератак. У контексті AI захист даних ускладнюється через необхідність передачі великих обсягів інформації в хмарні сховища або стороннім сервісам для обробки. В Україні захист геологічної інформації частково регулюється Законом України «Про державну таємницю» та нормами щодо комерційної таємниці, але ці норми не враховують специфіку AI-технологій. Наприклад, ML-алгоритми можуть зберігати «залишкові» дані в навчальних моделях, що створює ризик їх відтворення або несанкціонованого

використання. Для забезпечення конфіденційності та безпеки необхідно впроваджувати стандарти шифрування, анонімізації даних і регулярного аудиту AI-систем.

Водночас слід враховувати, що велика частина геологічних даних накопичувалася ще з 1960–1970-х рр. і досі існує лише в паперовому вигляді, що значно обмежує привабливість українського сектору природних ресурсів перед інвесторами. Тому наразі бюрократичні процедури щодо відкриття геоданих про українські надра є на завершальному етапі [15].

Етичні питання використання AI в геолого-інформаційних відносинах стосуються прозорості алгоритмів і потенційної упередженості даних. Прозорість алгоритмів є критично важливою, оскільки геологічні рішення, прийняті на основі AI, можуть мати значний економічний і соціальний вплив. Однак багато AI-систем, зокрема глибокі нейронні мережі, є “чорними скриньками”, де логіка прийняття рішень залишається незрозумілою навіть для розробників. Це ускладнює перевірку результатів і може призвести до втрати довіри до технологій. Упередженість даних є ще однією проблемою: якщо навчальні набори даних містять систематичні помилки або не відображають повного спектра геологічних умов, AI може видавати неточні або дискримінаційні прогнози. Наприклад, якщо модель навчалася лише на даних із певного регіону, вона може бути менш ефективною для інших геологічних умов. Для вирішення цих питань необхідно впроваджувати етичні стандарти розробки AI, включаючи обов’язкову документацію алгоритмів і регулярну перевірку даних на упередженість.

Геологічна інформація є об’єктом цивільно-правових відносин і може використовуватися як внесок до статутного капіталу юридичних осіб. Визначення вартості геологічної інформації, відповідно до Методики визначення вартості геологічної інформації, отриманої за рахунок коштів державного бюджету (постанова Кабінету Міністрів України (далі – КМУ) від 10.12.2008 р. № 1075, в редакції постанови КМУ від 26.07.2022 № 836), здійснюється з метою компенсації витрат держави за раніше проведені геологорозвідувальні роботи, як плата за вторинну (оброблену) геологічну інформацію. При цьому, процедуру формування каталогу відомостей про геологічну інформацію, ведення та користування його відомостями визначено відповідним Положенням (наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (далі – Міндовкілля) від 04.09.2020 № 119). Також важливим аспектом є гармонізація національного законодавства з міжнародними стандартами, що сприяє ефективному обміну ГІД в умовах глобалізації. Офіційний скринінг законодавства України за розділом 27 «Навколишнє середовище, клімат та цивільний захист» охоплює понад 200 актів права ЄС.

Важливе місце серед суб’єктів геолого-інформаційних відносин посідає Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України» (ДНВП «Геоінформ України»), яке, відповідно до Закону України «Про Національний архівний фонд і архівні установи» та постанови КМУ від 08.11.1996 р. № 1366, має статус галузевого державного архіву. Геоінформ володіє повною, достовірною та об’єктивною інформацією з питань: - геологічного вивчення території України та її геологічної будови; - сучасного стану і перспектив розвитку мінерально-сировинної бази та геологічного середовища; - світової кон’юнктури мінеральної сировини; - правових аспектів користування надрами.

Водночас, правові аспекти використання AI в геолого-інформаційних відносинах охоплюють регулювання технологій, розподіл відповідальності, захист даних і вирішення етичних питань. Вони вимагають комплексного підходу, що поєднує вдосконалення законодавства, розробку технічних стандартів, нагляду (контролю) і підвищення етичної свідомості в застосуванні AI [16].

Виклики та ризики AI-інтеграції. Технічні обмеження є одним із основних бар’єрів для ефективного використання AI. Якість даних є критично важливою, оскільки AI-системи, зокрема ML-алгоритми, залежать від точності, повноти та репрезентативності вхідних даних. У геології дані часто є неоднорідними, фрагментованими або містять шум, що може призводити до неточних прогнозів чи помилкових висновків. Наприклад, сейсмічні дані можуть бути спотворені через природні або техногенні фактори, що знижує ефективність AI-моделей. Крім того, доступ до сучасних AI-технологій може бути обмеженим через високу вартість обладнання, програмного забезпечення та необхідність кваліфікованих спеціалістів. У країнах із обмеженими ресурсами, таких як Україна, це створює додаткові перешкоди для впровадження AI в геологічні дослідження, особливо для малих компаній чи наукових установ.

Правові прогалини ускладнюють регулювання використання AI у геологічній сфері. Наразі в Україні та багатьох інших країнах відсутні спеціалізовані нормативні акти, які б регулювали застосування AI в обробці геологічної інформації. Це стосується як сертифікації AI-систем, так і визначення відповідальності за їхні помилки. Наприклад, чинне законодавство не дає чіткої відповіді на питання, хто несе відповідальність за економічні чи екологічні збитки, спричинені неточними прогнозами AI. Крім того, недостатнє регулювання захисту даних може призводити до ризиків витоку конфіденційної геологічної інформації, яка має комерційну чи стратегічну цінність. Відсутність

міжнародної уніфікації стандартів також ускладнює обмін даними між країнами, що є важливим для глобальних геологічних проєктів. Наразі у наукових колах триває обговорення правових та етичних викликів використання AI-технологій в геології, таких як *Geological Generative Pre-trained Transformer* (GeoGPT), зокрема щодо авторських прав і прозорості даних.

Соціально-економічні аспекти AI-інтеграції стосуються впливу на ринок праці в геологічній галузі. Автоматизація процесів за допомогою AI може призвести до скорочення попиту на певні професії, такі як оператори збору даних чи аналітики початкового рівня, оскільки ці функції частково замінюються алгоритмами. Водночас зростає потреба в фахівцях із розробки, впровадження та обслуговування AI-систем, що вимагає перекваліфікації кадрів. Це може створити соціальну напругу, особливо в регіонах, де геологічна галузь є ключовим джерелом робочих місць. Крім того, впровадження AI потребує значних інвестицій, що може посилити нерівність між великими корпораціями та малими підприємствами, обмежуючи доступ останніх до передових технологій. Для наочності нижче наведено дані (таблиця 1), що узагальнюють виклики та ризики AI-інтеграції у геолого-інформаційні процеси.

Таблиця 1

Виклики та ризики інтеграції AI у геолого-інформаційні процеси

Категорія	Опис	Можливі наслідки
Технічні обмеження	Низька якість або неоднорідність геологічних даних, обмежений доступ до технологій через високу вартість	Неточні прогнози, зниження ефективності AI, обмеження для малих компаній
Правові прогалини	Відсутність спеціалізованих норм для регулювання AI, нечіткість у розподілі відповідальності, слабе регулювання захисту даних	Ризик юридичних спорів, витік конфіденційної інформації, правова невизначеність
Соціально-економічні аспекти	Скорочення робочих місць через автоматизацію, потреба в перекваліфікації, нерівність між великими та малими підприємствами	Соціальна напруга, зростання витрат на навчання, нерівний доступ до технологій

Ці виклики та ризики вимагають комплексного підходу до їх вирішення, включаючи вдосконалення технічної інфраструктури, розробку правових норм і програми підтримки перекваліфікації кадрів. Подолання цих бар'єрів сприятиме ефективнішій AI-інтеграції у геолого-інформаційні процеси.

Перспективи розвитку. Очевидно, що інноваційні підходи до використання AI стрімко трансформують геологічну галузь, покращуючи процеси аналізу, інтерпретації та прийняття рішень. Наразі AI-інструменти використовуються для таких завдань, як ідентифікація гірських порід і мінералів, обробка сейсмічних даних, визначення характеристик пластів і розвідка корисних копалин. AI-алгоритми дозволяють геологам аналізувати величезні масиви даних, виявляти закономірності та робити прогнози з більшою швидкістю і точністю, ніж традиційні методи.

Наприклад, нейронні мережі можуть використовуватися для створення високоточних тривимірних моделей геологічних структур, що значно підвищує точність оцінки родовищ корисних копалин. Глибинне навчання, яке базується на обробці великих обсягів даних, ефективно для аналізу сейсмічних зображень, виявлення геологічних аномалій і прогнозування поведінки підземних систем. Крім того, такі технології, як генеративні моделі AI, можуть створювати синтетичні ГІД для тренування моделей у випадках, коли реальних даних недостатньо.

Іншим перспективним напрямом є використання AI для інтеграції даних із різних джерел, таких як супутникові зображення, геофізичні вимірювання та результати буріння, що дозволяє створювати комплексні цифрові двійники геологічних об'єктів. Ці інновації не лише підвищують точність досліджень, але й сприяють економії ресурсів і зниженню екологічних ризиків.

Міжнародна співпраця відіграє ключову роль у розвитку AI-технологій для ГІС. Уніфікація стандартів для використання AI є необхідною для забезпечення сумісності даних і алгоритмів між країнами та організаціями, що особливо важливо для глобальних геологічних проєктів, таких як розвідка морських родовищ або моніторинг геологічних ризиків. Наприклад, міжнародні організації, такі як Міжнародна спілка геологічних наук (*International Union of Geological Sciences, IUGS*) або ISO, можуть розробляти стандарти для форматів ГІД, протоколів безпеки та сертифікації AI-систем. Співпраця також сприятиме обміну найкращими практиками та технологіями, що є важливим для країн із обмеженим доступом до ресурсів, таких як Україна. Міжнародні проєкти, наприклад, спільні дослідження в рамках програм *Horizon Europe*, можуть стимулювати розробку AI-рішень для

геології, а також сприяти гармонізації правових норм, що регулюють їх використання. Така співпраця дозволить не лише підвищити ефективність геологічних досліджень, але й забезпечити їхню відповідність глобальним етичним і технічним стандартам.

Рекомендації для правового регулювання спрямовані на подолання прогалин у законодавстві та створення сприятливих умов для впровадження AI представимо наступним чином:

необхідно розробити спеціалізовані нормативні акти, які б регулювали використання AI в геолого-інформаційних відносинах. Це може включати стандарти сертифікації AI-систем, вимоги до їхньої прозорості та механізми перевірки якості прогнозів;

слід чітко визначити розподіл відповідальності між розробниками AI, операторами систем і постачальниками даних, щоб уникнути юридичних спорів у разі помилок (наприклад, законодавство може встановлювати обов'язок розробників проводити регулярне тестування алгоритмів і надавати документацію про їхню роботу);

необхідно вдосконалити норми щодо захисту геологічної інформації, враховуючи специфіку AI, зокрема впровадження стандартів шифрування та анонімізації даних;

для забезпечення етичного використання AI рекомендується створити національні та міжнародні комітети з AI-етики, які б оцінювали потенційні ризики упередженості даних і непрозорості алгоритмів. В Україні такі ініціативи можуть бути реалізовані через внесення змін до КпН та Закону України «Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах»;

оновлення Порядку передачі первинної геологічної інформації, створеної (придбаної) за кошти державного бюджету, а також створеної (придбаної) за власні кошти юридичних та фізичних осіб, до Державного сховища геологічної інформації та кам'яного матеріалу та надання у користування первинної геологічної інформації, що зберігається у сховищі (наказ Міндовкілля від 23.02.2021 № 135) та Положення про каталог відомостей про геологічну інформацію (наказ Міндовкілля від 04.09.2020 № 119) [17].

Таким чином, перспективи розвитку AI в геолого-інформаційних відносинах пов'язані з впровадженням інноваційних технологій, міжнародною співпрацею та вдосконаленням правового регулювання. Ці заходи сприятимуть підвищенню ефективності геологічних досліджень, забезпеченню безпеки даних і створенню етичної основи для використання AI, що матиме довгостроковий позитивний вплив на галузь.

Висновки. Проведене дослідження дозволило комплексно проаналізувати місце AI в геолого-інформаційних правовідносинах, виявивши його потенціал, виклики та перспективи, оцінити значення AI для науки і практики, а також визначити напрямки для подальших досліджень.

Встановлено, що AI-технології відіграють трансформаційну роль у геолого-інформаційних правовідносинах, забезпечуючи автоматизацію збору й обробки даних, підвищення точності прогнозування геологічних процесів і оптимізацію розвідки та видобутку корисних копалин. ML-алгоритми та глибоке навчання дозволяють створювати високоточні моделі родовищ, аналізувати сейсмічні дані та прогнозувати геологічні ризики, що значно скорочує витрати часу й ресурсів. Водночас інтеграція AI супроводжується правовими та етичними викликами, зокрема щодо регулювання технологій, розподілу відповідальності за помилки, захисту ГІД з обмеженим доступом та забезпечення прозорості алгоритмів. Відсутність спеціалізованого законодавства в Україні та інших країнах створює правову невизначеність, що може гальмувати впровадження AI. Крім того, соціально-економічні аспекти, такі як вплив на ринок праці та нерівний доступ до технологій, потребують додаткової уваги для забезпечення справедливого використання AI.

Обґрунтовано багатогранне значення AI для геологічної та правової науки і практики. У науковій AI-сфері це сприяє розвитку нових методів аналізу геологічних даних, що відкриває можливості для більш точного моделювання геологічних процесів і прогнозування ресурсів. У практичному плані AI підвищує ефективність геологічних досліджень, знижуючи витрати на розвідку та мінімізуючи екологічні ризики. З правової точки зору, впровадження AI вимагає вдосконалення нормативної бази, що сприятиме гармонізації національного законодавства з міжнародними стандартами та забезпеченню безпеки даних. Таким чином, AI не лише трансформує геологічну галузь, але й стимулює розвиток правового регулювання, створюючи основу для етичного та ефективного використання технологій.

Визначено, що подальші напрямки досліджень включають низку питань, які потребують додаткового вивчення. По-перше, необхідно розробити методології оцінки якості та упередженості даних, що використовуються для тренування AI-моделей у геології, щоб уникнути неточних прогнозів. По-друге, варто дослідити оптимальні моделі розподілу відповідальності за помилки AI-систем, враховуючи специфіку геолого-інформаційних процесів. По-третє, важливим є аналіз впливу AI на соціально-економічні аспекти, зокрема на ринок праці, з метою розробки програм перекваліфікації для геологів і суміжних фахівців. Нарешті, міжнародна співпраця у сфері уніфікації стандартів

для AI в ГІС потребує поглибленого вивчення, щоб забезпечити сумісність даних і технологій на глобальному рівні. Ці напрямки сприятимуть подальшому розвитку AI в геолого-інформаційних правовідносинах, забезпечуючи баланс між технологічними інноваціями, правовим регулюванням і соціальною відповідальністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Pezeshk S., Camp C.V., & Karprapu S. (1996). Geophysical Log Interpretation Using Neural Network. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 10(2) 135-142. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1996\)10:2\(136\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1996)10:2(136)).
2. Jia Liqiong, Guo Hui, Wu Xuan, Li Dandan, & Meng Jie. (2018). Discussion on geological scientific data publication and its intellectual property protection. *China mining Magazine*. 27(10), 85-92. DOI: <https://doi.org/10.12075/j.issn.1004-4051.2018.10.033>.
3. Ratov, B., Pavlychenko, A., Kirin, R., Pashchenko, O., Khomenko, V., Tileuberdi N., Kamyshatskyi, O., Sieriebriak, S., Seidaliyev, A. & Muratova, S. (2025). Using Machine Learning to Model Mechanical Processes in Mining: Theory, Practice, and Legal Considerations. *Engineered Science*, 33, 1419. DOI: <http://dx.doi.org/10.30919/es1419>.
4. Кірін Р.С. Право геологічного вивчення надр: монографія. Д.: Національний гірничий університет, 2011. 258 с.
5. Кірін Р.С. Про систему геологічного законодавства України. *Сучасні проблеми систематизації екологічного, земельного та аграрного законодавства України*: 36. наук. праць Круглого столу (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 18 березня 2011 р.). К.: ВГЛ «Обрії», 2011. С. 43–47.
6. Oceans and Law of the Sea. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea. United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982. URL: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/UNCLOS-TOC.htm.
7. Кодекс України про надра: Закон України від 27.07.1994 р. № 132/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text>.
8. Про державну геологічну службу України: Закон України від 04.11.1999 № 1216-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1216-14#Text>.
9. Питання розпорядження геологічною інформацією: постанова Кабінету Міністрів України від 07.11.2018 р. № 939. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/939-2018-%D0%BF#Text>.
10. Про затвердження Порядку ведення, функціонування та доступу до інформації єдиної державної електронної геоінформаційної системи користування надрами: постанова Кабінету Міністрів України від 19.05.2023 № 511. *Офіційний вісник України*. 2023. № 53, ст. 2971.
11. Kirin, R., Khomenko, V., & Pashchenko, O. (2024). Prospects of legal regulation of educational AI relations. In Oleksii Kostenko & Yuriy Yekhanurov (Eds.), *Digital transformation in Ukraine: AI, Metaverse, and society 5.0*. pp. 124-129. SciFormat Publishing Books. DOI: <https://doi.org/10.69635/978-1-0690482-1-9-ch13>.
12. The Cambridge Handbook of the Law, Ethics and Policy of Artificial Intelligence. Edited by Nathalie A. Smuha, Cambridge University Press. 2025. 460 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009367783>.
13. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. 2021. 21 p. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455>.
14. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 March 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union legislative acts. *Official Journal of the European Union*. 2024. L 168. С. 1–162.
15. Володимир Фомічов, Софія Афоніна. (27.06.2025). В Україні знімають гриф «секретно» з геологічної інформації про надра – Міндовкілля. <https://biz.liga.net/ua/all/all/novosti/v-ukraini-znimaiut-hryf-sekretno-z-heolohichnoi-informatsii-pro-nadra-mindovkillia>.
16. Kirin R., Petrenko V., Khomenko V. (2023) Supervision (Control) in the Field of Intellectual Property: Experience of Some Foreign Countries. *International independent scientific journal*. № 52. pp. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8139535>.
17. Paul Cleverley, Silvia Peppoloni, Chuck Bailey & Simon Thompson (2024). Advancing transparent and ethical AI. *Geoscientist*. <https://geoscientist.online/sections/viewpoint/advancing-transparent-and-ethical-ai>.
18. Кірін Р. Правове забезпечення функціонування єдиної Державної електронної геоінформаційної системи користування надрами. *Інформація і право*. 2024. № 2(49). С. 118–127. DOI: [https://doi.org/10.37750/2616-6798.2024.2\(49\).306152](https://doi.org/10.37750/2616-6798.2024.2(49).306152).