

В останні роки становище з видобутком бентонітової глини в країні покращилось [табл. 2]. Внутрішні потреби в бентонітовій глині майже повністю задовольняються за рахунок видобутку бентонітів із власних родовищ.

Але, наприклад, потреби металургійних підприємств становлять приблизно 500–560 тис. т на рік і якщо формувальними глинами вони забезпечені (Дашуківська ділянка Черкаського родовища), то для виробництва котунів у країну завозяться лужні бентоніти з Азербайджану (у той час як на території України є поклади бентонітових глин на Ріпкинській ділянці Черкаського родовища, що подібні за якістю до азербайджанських). Також відоме Киштинське родовище лужних, частково білопалених бентонітів. Киштинські бентоніти можуть бути використані не лише у виробництві обкатанців, але й у виробництві кераміки, для виготовлення бурових розчинів, частково як адсорбент.

За останні роки ситуація в геологічній розвідці така: виконуються геологорозвідувальні роботи на Григорівському родовищі (Донбас), на Павлівській і Шимановській ділянках (Дніпропетровська область), Пілявському родовищі (Вінницька область), ведуться пошуково-оціночні роботи на бентонітові глини в Полтавській, Сумській і Харківській областях, на Закарпатті проводиться попередня розвідка в Хустському й Рахівсько-

му районі – на флангах проявлень Липча й Водиця, проводиться детальна розвідка Босівської й Ріпкинської ділянок Черкаського родовища. Завданнями до 2010 р. визнані проведення розвідки Ріпкинської ділянки на Черкаському родовищі, на Закарпатті розвідки першочергового блоку Киштинської ділянки та розвідування Ільницького родовища бентонітів.

Вважаючи на зростання світової потреби в якісній бентонітовій сировині, постійне збільшення об'єму та розширення кола її використання, необхідне подальше проведення пошуково-розвідувальних робіт з виявлення на території нашої країни нових родовищ, але, насамперед, переоцінка та практичне розширення галузей використання бентонітових глин уже розвіданих родовищ.

1. Державний баланс запасів корисних копалин на 01.01.2002 р. Глини бентонітові (28). – К., 2002.
2. Кириченко Л.П. Определить потребности и требования к качеству природных адсорбентов для народного хозяйства Украины. – Симферополь, 1995.
3. Гошовський С.В., Гурський Д.С. Основні завдання розвитку мінерально-сировинної бази до 2010 року, визначені Урядом України // Мінер. ресурси України. – 2002. – № 2.
4. Кужварт М. Неметаллические полезные ископаемые. – М., 1986.
5. Mineral Commodity Summaries. – Wash., 1998.
6. Mineral Yearbook. Metals and minerals – Wash., 2003, 2004.

Надійшла до редколегії 30.09.05

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 550.681

О. Іванік, канд. геол. наук

ГОЛОВНІ АСПЕКТИ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ ТРУБОПРОВІДНО-ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ЗАХІДНОГО СИБІРУ

Проаналізовано функціональні блоки геологічного середовища з метою комплексної оцінки його впливу на функціонування природно-техногенних трубопровідно-транспортних систем. Наведено загальну характеристику компонентів геологічного середовища в межах Західного Сибіру.

Analytical blocks of the geologic environment have been analyzed for the purpose of complex estimation of influence on transcontinental pipelines system. Characteristic of the geological environmental components in Western Siberia has been presented.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Функціонування природно-техногенних систем, якими є всі існуючі магістральні трубопроводи, останнім часом потребує обов'язкового забезпечення інформаційними технологіями, які створюють беззаперечні можливості формування якісного рівня їх ефективної та безпечної експлуатації. Останнім часом саме технології географічних інформаційних систем стали одним із головних інструментів і засобів для вирішення багатьох практичних завдань для проектування й експлуатації трубопровідно-транспортних систем. Досвід створення таких систем та оцінка їх успішного застосування аналізується в роботах [3].

Разом із тим створення ГІС магістральних трубопроводів потребує обов'язкового врахування й аналізу низки геологічних факторів і в кінцевому рахунку комплексної оцінки стану геологічного середовища, на що вказувалося у роботі [3]. Саме ГІС здатні забезпечити повний просторовий аналіз даних при вирішенні як загальних, так і окремих прикладних завдань на всіх рівнях. Використання таких систем дозволяє постійно додавати нові дані, поновлювати й коректувати вже існуючі та прогнозувати вплив багатьох геологічних факторів, а також виникнення надзвичайних ситуацій.

ячі та прогнозувати вплив багатьох геологічних факторів, а також виникнення надзвичайних ситуацій.

Постановка завдання. При створенні підсистеми аналізу геологічного середовища для ГІС магістральних трубопроводів методичною основою є комплексна інтегральна оцінка умов геологічного середовища [3]. Вона передбачає багатоелементний і багатофакторний аналіз великої кількості геологічних даних із оцінкою ступеня їх взаємодії та впливу як на навколишнє середовище, так і на техногенні об'єкти. Такий аналіз передбачає використання різних функцій геологічного середовища, а саме ресурсної, геофізичної, власне геологічної, геохімічної, гідрогеологічної, геодинамічної тощо.

Оскільки для дослідження структури природно-техногенних систем, якими виступають магістральні трубопроводи та їх технологічні площадні об'єкти (компресорні та насосні станції, підземні сховища газу тощо), необхідним є створення та аналіз аналітичних блоків, що аналізують вплив геологічного середовища на ці споруди, наведемо загальну характеристику цих блоків для території, у межах якої поширена сітка магістральних трубопроводів Західного Сибіру. Ці блоки

включають дані щодо геологічної будови, гідрогеологічних умов території, геоморфологічної та ландшафтної будови. Специфічним блоком для оцінки стану геологічного середовища Західного Сибіру є геокріологічний блок. Загальний аналіз наведених блоків є першим етапом до створення класифікаційних схем різних об'єктів геологічного середовища та побудови пошарових тематичних карт.

Викладення основного матеріалу. Детальним дослідженням підлягала територія, у межах якої знаходиться мережа магістральних трубопроводів, що має загальну довжину 7,5 тис км і включає конденсатопроводи Ямбург-Уренгой (1 та 2 нитки) та Уренгой-Сургут (1 та 2 нитки), магістральний газопровід Уренгой-Сургут-Челябінськ (1 та 2 нитки), газопровід Заполяр-Уренгой, ПРТО (Північні р-ни Тюменської обл.) – Омськ і продуктопровід ШФЛВ (широка фракція легких вуглеводнів) (рис. 1).

Ландшафтні умови. Більша частина регіону досліджень зайнята тайговою зоною, в межах якої на торф'яно-підзолистих і підзолистих ґрунтах дренуваних ділянок переважають хвойні ліси із сосни, ялини, піхти, кедру та модрини. Плоскі вододіли зазвичай є заболоченими. Крайню північ території займає тундрова зона, у якій на мерзлих тундрових глеєвих ґрунтах формуються арктичні мохово-лишайникові, чагарничкові та чагарникові тундри. Південніше знаходиться неширока смуга лісотундри, де на торф'яно-глеєвих, глеєво-слабопідзолистих і болотних ґрунтах розвинені складні поєднання чагарникових тундр, модринових рідколісь, торф'яників і боліт. Лише південні частини плити відрізняються розвитком степових ландшафтів і добрим дреноуванням. Різноманіття ландшафтних умов передбачає обов'язкове їх врахування при аналізі прояву різноманітних екогенних геологічних процесів, здатних порушити безпечне функціонування ПТС.

Геоморфологічна будова. Геоморфологічний блок є одним із визначальних, що аналізує вплив різноманітних характеристик рельєфу на функціонування трубопровідно-транспортних систем. Перш за все це стосується кількісних характеристик рельєфу, хоча, безумовно, його генетичні та вікові ознаки здійснюють істотний вплив на трубопровідні комплекси. Територія, в межах якої проходить система магістральних трубопроводів, являє собою рівнину, що має форму ступінчастого амфітеатру, відкритого на північ. Абсолютні відмітки поверхні змінюються від 1 до 300 м (рис. 2). Більше половини території характеризується відмітками нижче 100 м. У рельєфі рівнини чітко виокремлюються плато, нахилені рівнини, височини та низовини. Їх співвідношення та просторове положення дозволяють виділити дві орографічні зони: внутрішню та зовнішню. Зовнішня містить у собі найбільш підвищені частини рівнини, розташована напівкільцем по зовнішньому краю в безпосередній близькості до оточуючих піднесених споруд Уралу, Казахського дрібносопковика, Алтаю, Салаїру та Середньосибірського плоскогір'я. Внутрішня зона займає понижені центральні та північні райони рівнини.

Крупні елементи рельєфу Західносибірської рівнини орієнтовані у двох основних напрямках: субширотному та субмеридіональному [1]. Яскраво виражене субмеридіональне орієнтування характерне для районів, розташованих на північ від Сибірських увалів, які сумісно із Північно-Сосьвинською височиною утворюють своєрідну орografічну вісь рівнини. На південь від них крупні елементи мають в основному субширотне орієнтування. Аналіз рельєфу, проведений засобами програмного забезпе-

чення ArcGIS, дав змогу визначити, що морфометричні показники рельєфу дослідженого регіону є неоднорідними. Густота горизонтального розчленування рельєфу, глибина його вертикального розчленування, а також кути нахилу земної поверхні (найважливіші показники, що мають істотний вплив на розвиток гравітаційних і водно-гравітаційних процесів) змінюються в цілому істотно. Величини вертикального розчленування змінюються від 5–10 до 100 м. Відносні висоти значної частини регіону не перевищують 10 м, а місцями становлять 150 і навіть 200 м. Широко плоскі, зазвичай заболочені простори центральної частини рівнини, заплави річок, а також більшість сухих, дренажованих районів півдня мають відносні висоти менше 5 м. Густота горизонтального розчленування рельєфу закономірно зростає від південних районів плити до північних і від меридіональних осевих частин до західних і східних. Що стосується кутів нахилу земної поверхні, то в межах Західносибірської плити широко розповсюджені практично горизонтальні поверхні з кутами нахилу менше 0,5 (рис. 3). Вони займають величезні площі в центральній частині регіону. Також розповсюджені заболочені поверхні з кутами нахилу до 1,5°. Райони, у межах яких кути змінюються від 1,5 до 6, приурочені до Гиданського пасма, Північно-Сосьвинської та Верхньотазівської височин, Білогірського материка та до Передалтайського й Предсалаїрського районів плити. Отже, морфологічні та морфометричні особливості рельєфу закономірно ускладнюються від південної частини плити до північної по мірі наближення до основного базису ерозії та від центральних, понижених районів до периферійних, підвищених. Ці риси різко підсилюються особливостями просторового поширення специфічних форм рельєфу, створених чи виникаючих під дією сучасних екзогенних геологічних, у тому числі криогенних і посткриогенних процесів.



**Рис. 1. Фрагмент карти магістральних газопроводів
Західного Сибіру**

Геологічна будова. Весь комплекс порід у межах дослідженої території за умовами залягання, складом і ступенем метаморфізму поділяється на три структурних поверхи [1]. Порооди першого та другого структурних поверхів практично у всіх регіонах Західного Сибіру залягають на значній глибині (від сотень метрів поблизу латеральних меж плити до 3–3,5 км у її центрі та до 4–5 км на півночі). Однак, незважаючи на значні глибини залягання, тектонічну будову фундаменту, вік стабілізації різних зон та особливості їх розвитку на стадії молодшої платформи здійснили великий вплив на формування не тільки мезозой-кайнозойського осадового чохла, але й на особливості сучасного рельєфу та потужність багаторічної- та сезонно-мерзлих порід.

Перший структурний поверх складений осадовими та вулканогенними докембрійськими й палеозойськими утвореннями, зім'ятими у складні складки із крутими кутами падіння, сильно метаморфізованими та прорваними численними інтрузіями. У його складі виділяються архейські й ранньопротерозойські, байкальські, салаїрські, каледонські та герцинські зони консолідації, які формують шість головних складчастих систем. Крім того, виділяються Уват-Ханти-Мансійський і Рубцовський серединні масиви, а також більш молоді Колтогорсько-Уренгойський та ряд інших грабен-рифтів триасового віку, які перетинають різні структурні зони. Другий структурний поверх складчастої основи представлений слабко дислокованими (кути падіння 10–40°, місцями до 50°) та метаморфізованими осадовими та вулканогенно-осадовими породами палеозойського та нижньомезозойського віку.

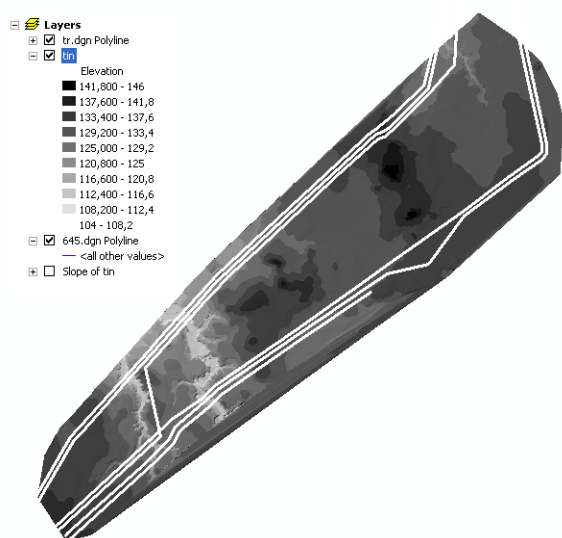


Рис. 2. Фрагмент поверхні рельєфу в межах півночі Західного Сибіру

Товщі цього поверху не мають суцільного поширення. Зазвичай вони виповняють западини першого структурного поверху і залягають на формаціях, що його складають, із різким кутовим неузгодженням. Потужність відкладів другого структурного поверху змінюється від десятків і сотень метрів до 2–6 км. Третій структурний поверх представлений потужною товщею платформених осадових, переважно теригенних відкладів пермської, крейдової, палеогенової, неогенової та четвертинної систем. Ці відклади виповнюють велику блоцеподібну западину і залягають із перервою та різким кутовим неузгодженням на породах першого та другого структурного поверхів. Вони неметаморфізовані, залягають похило, майже горизонтально, і лише на крилах локальних структур кути нахилу пластів сягають 10–15°. Потужність платформенного чохла закономірно збільшується від перших десятків та сотень метрів у безпосередній близькості до бортів плити до 2–3 км у центральній частині та 4–5 км у північних районах. У складі платформенного чохла виділяються, за П. Куліковим, два структурних яруси: нижній – койлогенний, складений потужною товщею мезозойських і ранньокайнозойських відкладів, та верхній – неотектонічний, сформований більш молодими кайнозойськими утвореннями. У складі кожного ярусу виділяються декілька тектоно-седиментаційних комплексів, складених

переважно теригенними формаціями. Слід зазначити, що породи практично всіх комплексів у різних районах знаходяться у багаторічномерзломому стані. Детальним дослідженням підлягають відклади четвертинного віку, які характеризуються генетичною та літологічною строкатістю і мають найважливіше значення для характеристики функціонування трубопровідних комплексів.

У гідрогеологічному відношенні досліджена територія належить до артезіанського басейну Західносибірської плити. У вертикальному розрізі басейну виділяються п'ять гідрогеологічних комплексів, що складають два гідрогеологічних поверхи. Верхній об'єднує водоносні та водотривкі верхньокрейдяні (починаючи із туронських) – четвертинні, а нижній – верхньокрейдяні-палеозойські відклади. При функціонуванні ПТС відбувається інтенсифікація гідрогеологічних процесів, перетворення структури водного балансу і, завдяки високій рухливості та міграційній здатності елементів блоку, залучаються в геосферу ПТС значні масиви геологічного середовища. Переважна більшість технологічних процесів у ПТС призводить до стійкого підйому ґрунтових вод, накопиченню вологи у ґрунтах зони аерації, перетворенню хімічного складу підземних і поверхневих вод у бік посилення їхньої корозійної здатності. Знання закономірностей формування гідрогеологічних умов дослідженої території дає можливість виокремити потенційно небезпечні ділянки, що характеризуються потенційно високим рівнем ґрунтових вод.

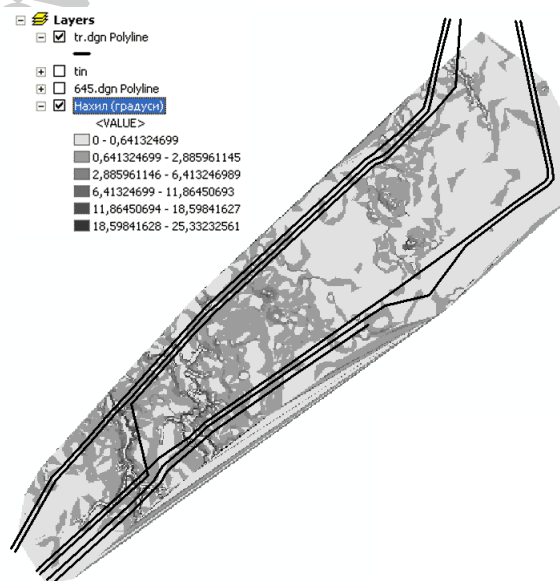


Рис. 3. Фрагмент карти кутів нахилу земної поверхні в межах північної частини Західносибірської рівнини

Для оцінки стану геологічного середовища в межах Західного Сибіру важливим є геокріологічний блок, що тісно пов'язаний із гідрогеологічним та охоплює верхню частину геосфери природно-техногенних систем. Функціональними елементами цього блоку слугують потужності та поширення багаторічномерзлих порід, їх деформаційні та міцнісні властивості, льодовитість і середньорічні температури.

Головними факторами, що впливають на формування мерзлих товщ, є: рельєф території, склад порід, вологість (льодовитість), теплофізичні властивості порід, температура повітря, складові зовнішнього тепло- та масообміну (що є актуальним при визначенні пливу трубопровідно-транспортних систем на стан мерзлих товщ), опади, хара-

ктер снігонакопичення, коливання клімату, рослинний покрив, обводнення поверхні тощо. Загалом розвиток кріогенних процесів, серед яких найбільш поширеними є сезонне пучення ґрунтів, кріогенне розтріскування, наледування, термокарст і соліфлюкція, здійснює істотний вплив на об'єкти трубопровідно-транспортного комплексу та потребує детальних досліджень.

З позиції теплофізики процесів промерзання – протаювання температурний режим верхніх горизонтів порід обумовлений теплообміном у приземному шарі атмосфери та покривах, поширенням тепла в мерзлій і талій зонах, а також закономірностями руху розділу цих зон. Результуючими характеристиками температурного режиму верхніх горизонтів порід слугують середньорічна температура на підшві сезонно-талого й сезонно-мерзлого шарів та температура на глибині нульових річних коливань. Перша відображає сучасний теплообмін верхніх горизонтів порід з атмосферою, а друга поза зовнішнім теплообміном пов'язана із особливостями формування мерзлих товщ на заключній стадії і залежить від розмірів однорідних природних комплексів [2].

Південна межа поширення багаторічномерзлих порід Західносибірської плити відповідає ізотермі: -2°C у південно-західній її частині та -3°C – у південно-східній. У зоні тайги та лісотундри ця різниця за певного поєднання природних факторів підвищується до $4-6^{\circ}\text{C}$, а на півночі, у зоні тундри, навпаки, скорочується до $1-3^{\circ}\text{C}$.

У межах континентальної частини Західносибірської плити виокремлюються три субширотні області, які корінним чином відрізняються за характером поширення та співвідношення багаторічномерзлих і сезонно-мерзлих порід у верхній частині розрізу. На півночі регіону знаходиться зона практично суцільного поширення багаторічномерзлих порід, південніше – зона сумісного поширення багаторічно- та сезонно-мерзлих порід, а південніше широтної течії Обі – зони сезонно-мерзлих порід. Перші поширені в акваторії Карського моря та в межах континентальної частини регіону – до Середнього Приоб'я, включаючи басейн р. Кеть на сході. Сезонно-мерзлі породи відмічаються на більшій площі: від Північного полярного кола до південних меж плити. У межах континентальної частини Західносибірської плити багаторічномерзлі породи, що залягають безпосередньо нижче шару сезонного протаювання, займають близько 23 % території. На півночі регіону багаторічномерзлі породи розвинені поза акваторіями практично на всіх елементах рельєфу. Переривчасте поширення мають ці породи південніше Північного полярного кола, представлені смугою з півночі на південь майже на 600 км. Ця смуга умовно розділяється на дві частини межею, що проходить по лінії с-ще Саранпуль – с-ще Нові Теги – витоки річок Полуя та Надима – с-ще Харампур – долина р. Часельки – с-ще Красноселькуп – м. Туруханськ – долина р. Курейки. У північній частині цієї території переважають багаторічномерзлі породи. Талі ґрунти розвинені тут не тільки під акваторіями озер та руслами річок, але й часто відмічаються у заплавах крупних і середніх річок, таких, як Об, Полуя, Грудей, Нида, Сандиба, Євояха, Пур, Вел. Тотидеоттаяха, Таз, Варкаселька, Руська, Парусова, Єнісей, Курейка та ін. Зазвичай сезонно-мерзлі породи розвинені у прируслових залісених частинах заплав цих річок, у той час як у їх центральних і тилових частинах, де на заплаві розвинений потужний моховий покрив та торф'яники, багаторічномерзлі породи, що залягають із поверхні, займають більші площі.

Південніше, до північних схилів Північних Увалів, багаторічномерзлі породи, що залягають нижче шару се-

зонного протаювання, приурочені до широких безлісних ділянок чи слабкозалісених торф'яників, а також до великих ділянок темнохвойних лісів із потужним моховим покривом, що ростуть на суглинистих та глинистих ґрунтах. На вододільних рівнинах мерзлі товщі, що залягають на поверхні, займають значні території. У межах центральної, найбільш підвищеної та менш заболоченої частини Сибірських Увалів, багаторічномерзлі породи поширені на підвищених і розчленованих ділянках.

На південь від Сибірських Увалів площі багаторічномерзлих порід різко скорочуються, хоча торф'яники займають значні території (Сургутське та Вахське Полісся) [1].

Найпівденніші острови багаторічномерзлих порід існують у басейнах річок Салим, Балик та Юган, а також вони спостерігаються по трасах залізних доріг Тобольськ – Сургут і автошляхів. Їх розвиток спричинений поєднанням сильно зволжених суглинистих відкладів, потужного мохового покриву та наявності темнохвойних лісів із високим ступенем змикання крон.

Південна межа поширення багаторічномерзлих порід, що залягають із поверхні, проходить по лінії р. Палим – верхів'я р. Тапсуї – долина р. Висим – верхня течія р. Мал. Сосьва – гирло р. Назим – середня течія р. Вел. Салим – гирло р. Мал. Юган – Нижньовартівськ – долина р. Вах – гирло р. Дубчес. Територія, що знаходиться південніше цієї межі, характеризується як область суцільного розвитку сезонномерзлих порід.

Для території Західного Сибіру характерні особливі умови промерзання та відтаювання порід, що залежать від середньорічної температури порід, їх літологічного складу та природної вологості, а також інших факторів. Середньорічні температури порід у межах Західносибірської плити змінюються від -10°C на Крайній Півночі до $+6^{\circ}\text{C}$ на півдні.

Типи та глибини сезонного промерзання та відтаювання залежать від літологічного складу та природної вологості порід. Підвищення дисперсності та вологості призводить до зменшення глибини сезонного промерзання та відтаювання.

При дослідженні багаторічно- й сезонномерзлих порід та їх взаємодії з різноманітними інженерними спорудами, зокрема лінійними, особливого значення набуває вивчення реологічних процесів. Розвиток фізико-механічних процесів у мерзлих породах, які всі є реологічними, істотно залежить від виду навантаження мерзлої породи (стиснення, зсув, розтяг), способу прикладення навантаження та умов навантаження (статичне, ступінчасте чи динамічне).

Висновки. Визначення головних компонентів геологічного середовища та характеристика його функціональних блоків дає можливість визначити пріоритетність факторів впливу на безпечне функціонування трубопровідно-транспортних систем, а також провести аналіз змін зазначених умов у межах дослідженого регіону. Детальне дослідження геологічних процесів, пов'язаних зі змінами стаціонарного стану геологічного середовища, визначає потенційно небезпечні ділянки трубопроводів та допомагає розробити рекомендації щодо їх безпечного функціонування.

1. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. – М., 1989. 2. Ершов Э.Д. Физико-химия и механика горных пород. – М., 1986. 3. Іванік О.М., Михайленко А.Г., Шевчук В.В. Передумови та основні аспекти створення підсистеми аналізу геологічного середовища для Географічних інформаційних систем магістральних трубопроводів // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2005. – Вип. 33. 4. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов. – М., 1973.