

**Скворцов В.В., Олександрова Н.В.**

*Інститут геохімії навколишнього середовища*

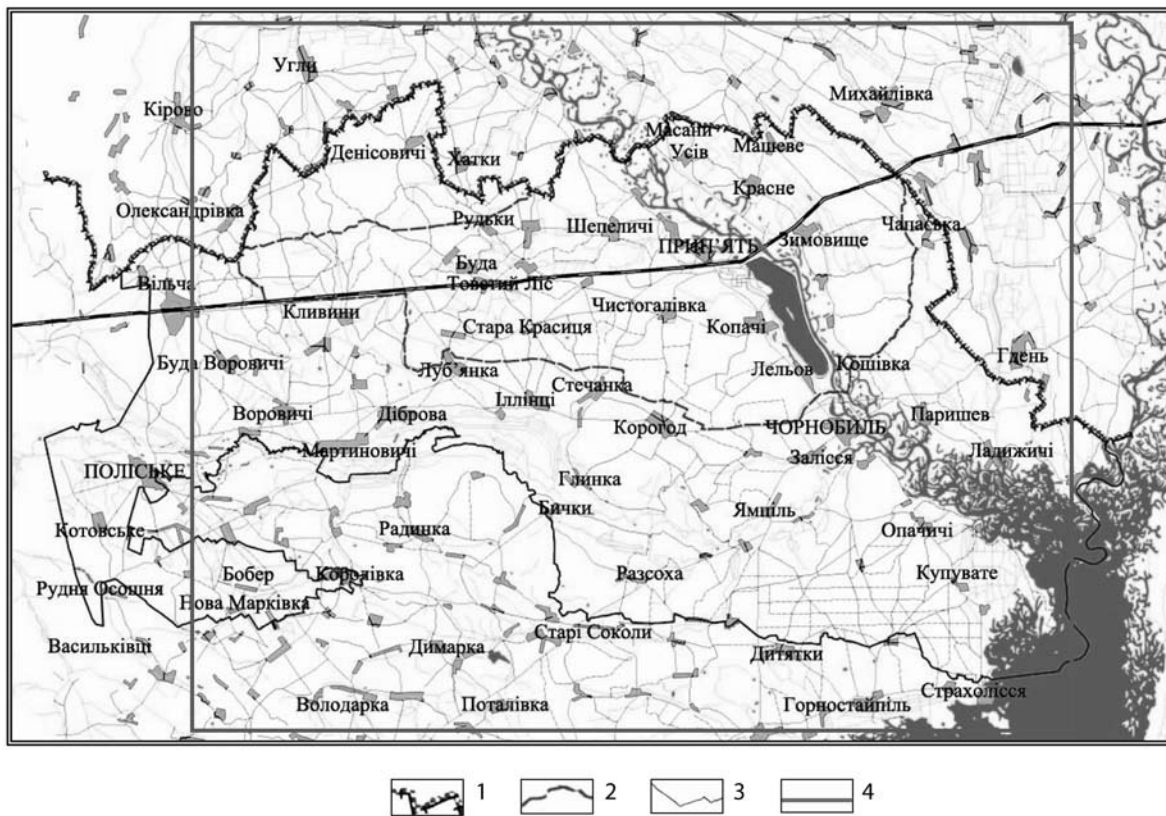
## **ДОСЛІДЖЕННЯ БУДОВИ КИЇВСЬКОГО ЯРУСУ В ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ З МЕТОЮ ПОШУКУ ДІЛЯНКИ ДОКЕМБРІЙСЬКОГО ФУНДАМЕНТУ ДЛЯ ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ**

*Закономірності будови київського ярусу (середній еоцен) на території зони відчуження досліджено у зв'язку з пошуком тектонічно стабільної ділянки для захоронення довгоіснуючих радіоактивних відходів у докембрійських утвореннях. Різноманітність умов формування київського ярусу характеризується п'ятьма основними типами розрізів. Суттєво різні тенденції зміни літофаціальних умов протягом київського віку в різних частинах території встановлено шляхом аналізу мінливості просторового розподілу літотипів у послідовності латеральних зрізів товщі, які відповідають різним моментам геологічного часу. За особливостями будови київського ярусу, що зумовлені геотектонічними чинниками, територія поділяється на три райони - північно-західний, північно-східний та південний. Тектонічно найбільш стабільним уявляється південний район; в ньому має бути зосереджено першочергові роботи з пошуку ділянки для захоронення довгоіснуючих радіоактивних відходів.*

### **Вступ**

Чорнобильська зона відчуження і зона безумовного (обов'язкового) відселення (далі спрощено — зона відчуження) (рис. 1) практично без альтернативи розглядається як територія, у межах якої має бути створено геологічне сховище для захоронення високоактивних та інших довгоіснуючих радіоактивних відходів. Найбільш прийнятними для спорудження геологічного сховища у межах зони відчуження вважаються утворення докембрійського фундаменту. Існуючі уявлення щодо геологічної будови цієї території ґрунтуються на даних геолого-зйомочних робіт масштабу 1:200000 і 1:50000, проведених близько 50 років тому, та на пізніших результатах інтерпретації геофізичних та аерокосмогеологічних даних. Глибина залягання поверхні фундаменту в межах зони відчуження змінюється від 150 м на південному заході до 3000 м і глибше на сході території, отже тектонічна структура фундаменту доступна для досліджень практично лише непрямыми геофізичними та аерокосмогеологічними методами. Між запропонованими в різні роки тектонічними схемами докембрійського фундаменту цієї території [1–4] існують істотні розбіжності внаслідок застосування різних методичних засобів обробки даних і суб'єктивних підходів до інтерпретації результатів.

Згідно законодавства України, відповідно до принципів МАГАТЕ, «довгоіснуючі радіоактивні відходи підлягають захороненню... у стабільних геологічних формаціях...» [5]. Отже вибір ділянки для геологічного сховища це, перш за все, визначення певного геологічного утворення (геологічного тіла — частини геологічного простору) як достатньо стабільного в контексті безпеки сховища. Поняття стабільності у відношенні до геологічних об'єктів і процесів не має термінологічного визначення [6] — хоча б тому, що насправді цілком стабільних геологічних об'єктів не існує. Це поняття вживається майже завжди поряд із геотектонічними і спорідненими з ними поняттями. Принципово важливо, що в даному контексті стабільність геологічних утворень має означати сталість не лише тектонічних, а й загалом усіх властивостей геологічного простору, суттєвих для безпеки сховища — гідрогеологічних, геохімічних тощо, але саме геотектонічній стабільності, безумовно, належить визначальна роль. Не претендуючи на досконалість формулювання, визначимо геотектонічну стабільність геологічного утворення як відсутність у нього істотних зрушень відносно суміжних частин геологічного простору при збереженні його внутрішньої тектонічної цілісності протягом досить тривалого геологічного часу.



**Рис. 1.** Зона відчуження і зона безумовного (обов'язкового) відселення. 1 — державний кордон, 2 — границя „10-км зони”, 3 — границя зони відчуження, 4 — границя території дослідження

В силу загальної зумовленості формування осадових товщ глибинними геодинамічними процесами, певні тенденції еволюції тектонічної структури фундаменту може бути виявлено шляхом аналізу літологічної неоднорідності фанерозойських формацій. Можна вважати (за принципом актуалізму) що диференційованість території за характером геотектонічних рухів, що мали місце в минулому, може бути екстрапольовано на сучасне й майбутнє, принаймні, на період до зняття сховища з регулюючого контролю (тривалістю порядку сотень тисяч років).

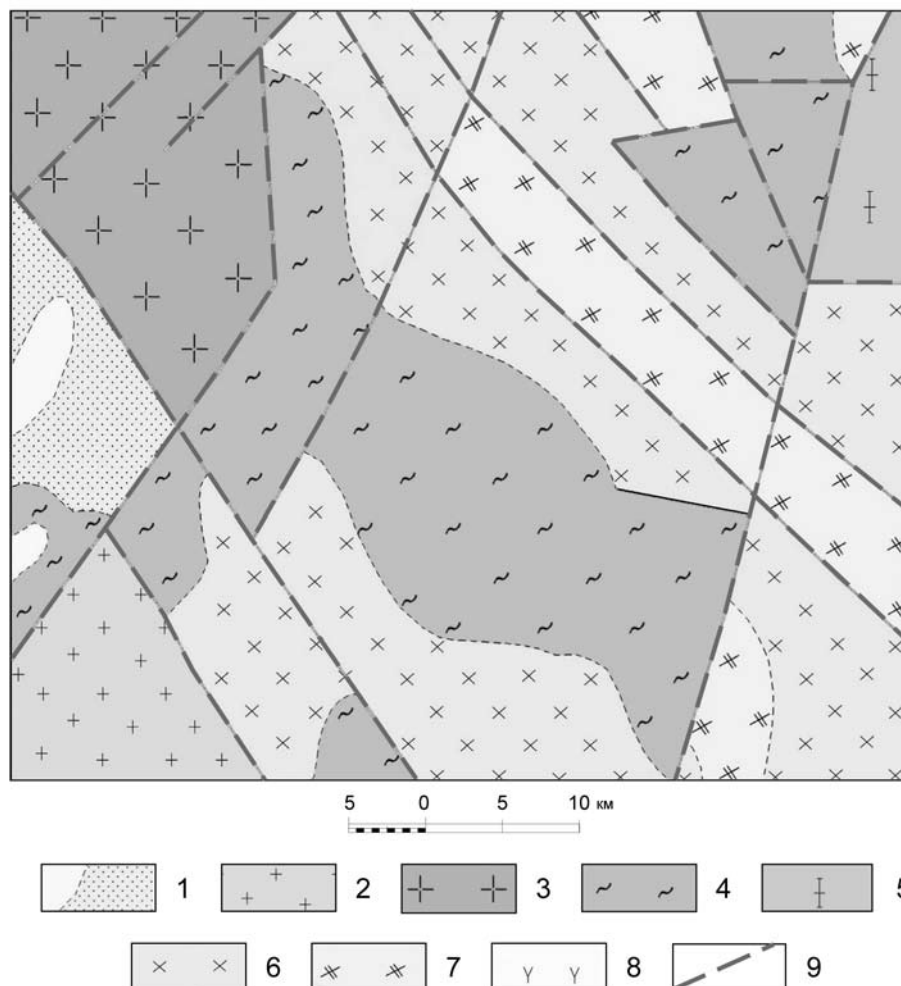
Дана стаття містить результати дослідження будови київського ярусу палеоцену в зоні відчуження з метою вивчення геотектонічної неоднорідності та виявлення найбільш стабільних частин докембрійського фундаменту як перспективних стосовно пошуку ділянки для захоронення довгоіснуючих радіоактивних відходів. Київський ярус обрано предметом дослідження з таких мотивів: він має суцільне розповсюдження в зоні відчуження; на переважній території він не перетерпів суттєвого розмиву (там, де присутній харківський ярус), йому притаманна значна фаціальна мінливість; завдяки своєрідному літологічному складу він досить надійно ідентифікується у процесі геологічної зйомки.

Територія, в межах якої проведено дослідження (далі територія), включає майже всю зону відчуження, а також прилеглі до неї з півдня ділянки зони гарантованого добровільного відселення. Основою роботи є аналіз даних державної геологічної зйомки листів М-35-ХІІ (Бухарев В.П. та ін.) і М-36-VII (Шунько В.І. та ін.), проведеної у 1963 р. Київський ярус та інші стратиграфічні одиниці палеоцену розглядаються в тих об'ємах, що були прийняті на час державної геологічної зйомки.

### **Основні риси геологічної будови території**

У регіонально-геологічному відношенні зона відчуження розташована на північно-східному схилі Українського щита, що переходить у південну бортову зону Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). За існуючими уявленнями [7], найдревніші

архейські утворення — гнейси ранньоархейської дністровсько-бузької та пізньоархейської росинсько-тікичської серій найбільш розповсюджені у східній частині території, де вони залягають серед плагіомігматитів і плагіогранітів пізньоархейського дніпропетровського комплексу та гранітоїдів ранньопротерозойського бердичівського комплексу. В західній частині території у будові фундаменту беруть участь переважно ранньопротерозойські утворення — гранітоїди осницького комплексу та мігматити кіровоградсько-житомирського комплексу, пізньопротерозойські гранітоїди типу рапаківі коростенського комплексу, а також кварцито-пісковики й пірофілітові сланці та вулканіти пізньопротерозойської овруцької серії (рис. 2).



**Рисунок 2.** Схематична геологічна мапа докембрійського фундаменту території досліджень [2]. 1 — кварцити та вулканічні породи овруцької серії ( $PR_2$ ), 2 — граніти рапаківі коростенського комплексу ( $PR_1$ ), 3 — гранітоїди осницького комплексу ( $PR_1$ ), 4 — мігматити кіровоградсько-житомирського комплексу ( $PR_1$ ), 5 — гранітоїди бердичівського комплексу ( $PR_1$ ), 6 — мігматити та граніти дніпропетровського комплексу ( $AR_2$ ), 7 — амфіболові гнейси росинсько-тікичської серії ( $AR_2$ ), 8 — гнейси дністровсько-бузької серії ( $AR_1$ ) 9 — зони розламів

Розламно-блокова структура докембрійського фундаменту загалом підпорядковується чотирьом регіонально проявленим системам розламів — субмеридіональній, субширотній; північно-східній та північно-західній (остання відіграє провідну роль у формуванні структури південного борту ДДЗ)\*.

\* Системи розламів, що виділяються за геофізичними та аерокосмогеологічними даними, ідентифікуються під різними назвами, в залежності від прихильності дослідників до тієї або іншої регіональної тектонічної схеми УЩ.

Найдавнішими фанерозойськими осадовими утвореннями, які залягають на докембрійському фундаменті, є піщано-глинисті відклади пермської та тріасової систем, що розповсюджені переважно у східній частині території. Юрська система представлена глинами та алевритами батського ярусу потужністю 60–90 м, вапнистими глинами, алевритами, мергелями келовейського ярусу потужністю до 130 м та вапняками, мергелями, зкременілими алевритами оксфордського ярусу потужністю 30–50 м. Крейдова система представлена гравелітами, пісковиками, глауконітовими пісками й мергелями сенонського ярусу потужністю 30–35 м. та одноманітною нерозчленованою сенон-туронською товщею білої крейди й мергелів потужністю 30–50 м, а на окремих ділянках і більше.

У складі палеогенової системи на час проведення державної геологічної зйомки виділялися канівський, бучацький, київський та харківський яруси. Канівський та бучацький яруси — єдина товща нерівномірно-зернистих пісків із прошарками глин, бурого вугілля та фосфоритових конкрецій загальною потужністю 35–55 м. Київський ярус — мергелі, глини, алеврити та піски загальною потужністю до 46 м. Харківський ярус — глауконітові піски, алеврити, глини потужністю до 5 м. Неогенові відклади розповсюджені на вододілах і представлені дрібнозернистими каоліновими пісками полтавської світи потужністю 5–15 м та одноманітною товщею строкатих (сарматських) та червоно-бурих (скіфських) глин, загальна потужність якої дуже невтримана і коливається від 2–3 до 24 м. Четвертинні відклади представлені алювіальним, флювіогляціальним, еоловим та елювіальним комплексами.

### **Закономірності будови київського ярусу**

Київський ярус поширений на всій території. Потужність його, зафіксована свердловинами в межах території, становить від 0 (у розрізі однієї з свердловин) до 46 м. Товща київського ярусу частково була піддана розмиву, найбільше у східній, частково в центральній частинах території, де на це вказує відсутність утворень харківського ярусу в розрізах палеогену. За результатами реконструкції покрівлі київського ярусу, яку здійснено шляхом інтерполяції та екстраполяції геологічних перетинів, потужність товщі на момент завершення її відкладання становила від 13 до 46 м. (рис. 3). Найменшою потужністю київського ярусу є в центральній та південно-західній частинах території. Значне збільшення потужності має місце не лише у східному і північно-східному напрямках (що взагалі характерно для осадових утворень даної території), а й на північ.

Київський ярус є відкладами мілкого (внутрішнього) морського шельфу [8], яким притаманна літологічна різноманітність. У межах даної території київський ярус представлений не лише характерним „київським мергелем”, а й такими породами, часто вапнистими, як глини, алеврити, піски та пісковики. Очевидно, що в умовах мілкого шельфу процес формування товщі був досить чутливим до геотектонічних рухів. Це є причиною значної вертикальної та латеральної літологічної мінливості товщі.

Різнорізність розрізів київського ярусу зводиться до 5 типів за наявністю та співвідношенням у колонці тих чи інших літотипів (рис. 4). Розповсюдження кожного типу розрізів має певні закономірності (Рис. 5). Привертає увагу, насамперед, розповсюдження розрізів типу I, які складені лише мергелями (підтип I.1), або глинами (підтип I.2), на всій північно-східній частині території (сучасна заплава р. Прип'ять).

Найчастіше у межах території зустрічаються розрізи типу II, якому, на відміну від типу I, притаманна наявність пісків у низах товщі (як правило, не більше 15% загальної потужності). Розрізи цього типу суттєво превалюють над іншими у південній частині території.

Розрізи типу III відрізняються від розрізів типу II лише наявністю алевритів у верхній частині (до 25% потужності товщі). Розрізи цього типу виявляються на декількох ділянках на периферії суцільної області поширення розрізів типу II, що підкреслює їхню подібність.

У тип IV об'єднано розрізи, нижня частина яких складена мергелями або глинами, а верхня — алевритами та/або пісками (пісковиками) у вельми різних співвідношеннях — як за потужністю, так і за стратиграфічною послідовністю. Розрізи, в яких верхня частина

складена тільки алевритами (підтип IV.1) явно тяжіють до областей розповсюдження типів II та III. Розрізи, верхня частина яких складена пісками або пісковиками, з присутністю або відсутністю алевритів (підтип IV.2), представлені окремою областю в північно-західній частині території.

Розрізи типу V являють собою суцільну товщу пісків, причому ділянки поширення розрізів типів IV і V сусідять між собою, що вказує на їхню літофаціальну спорідненість.

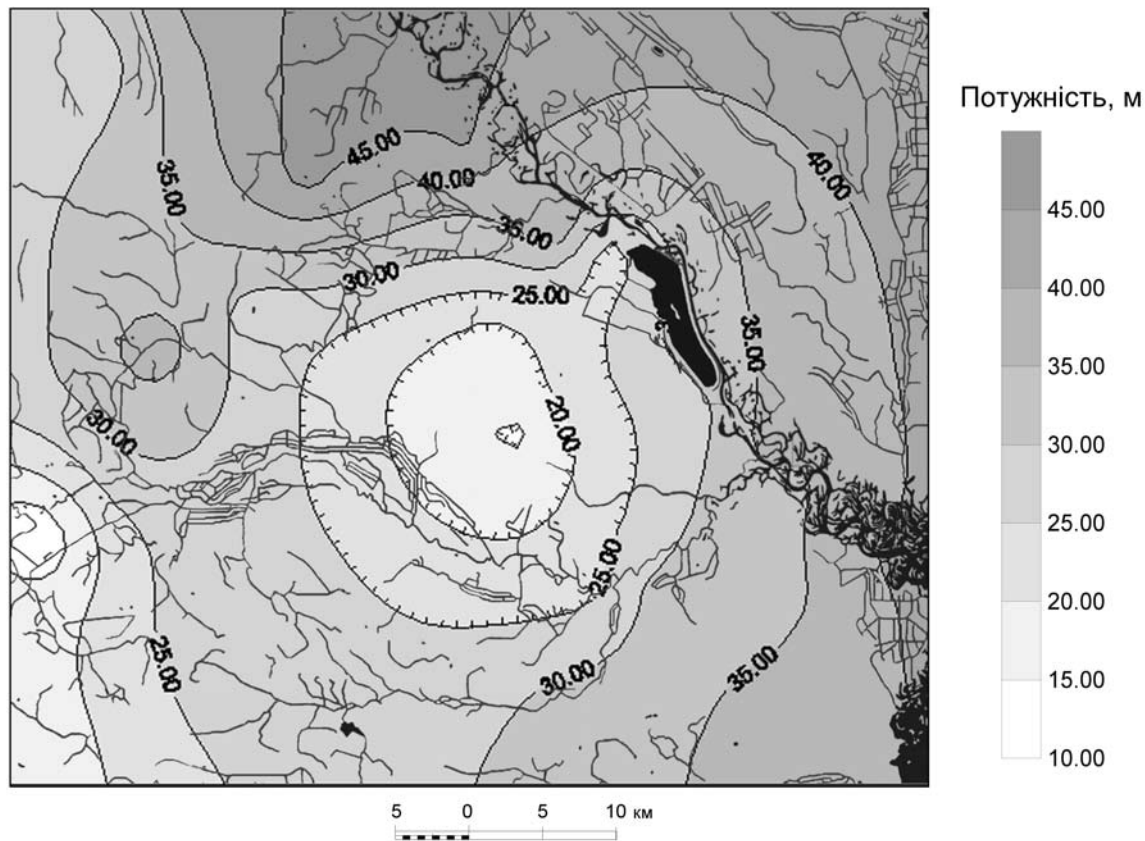


Рисунок 3. Карта потужностей київського ярусу

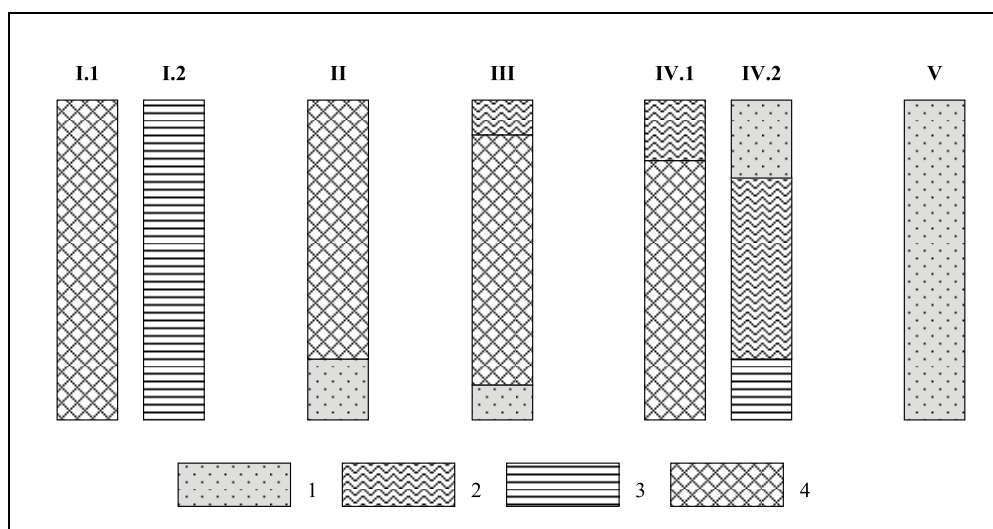
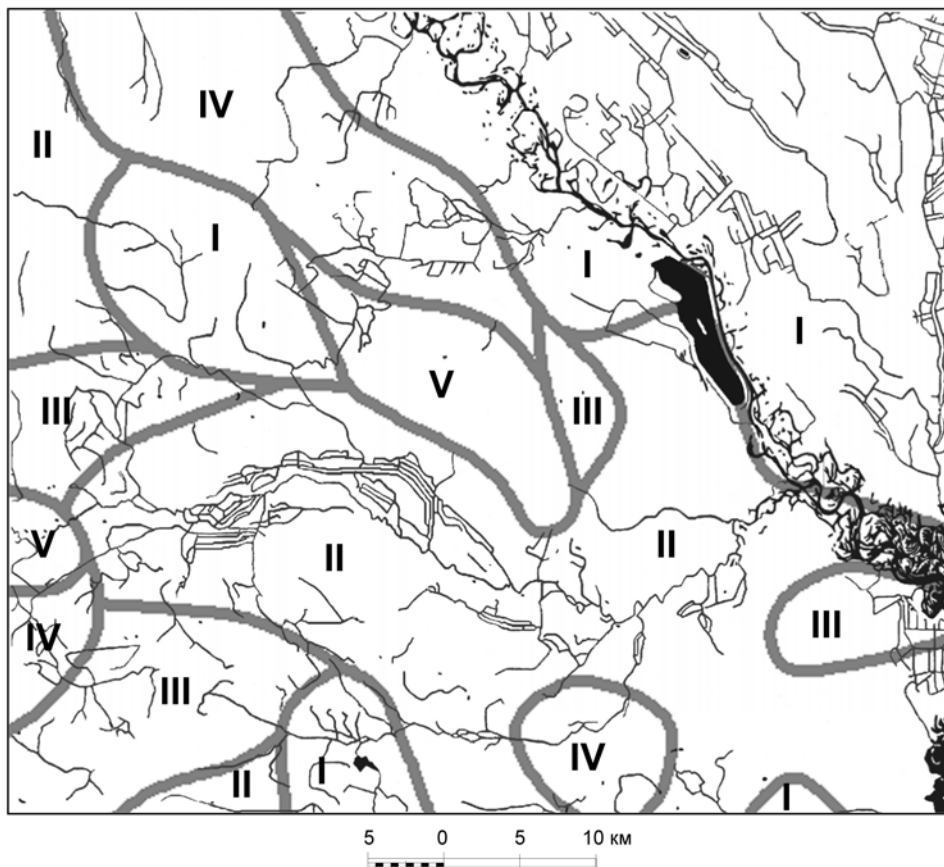


Рисунок 4. Типи розрізів київського ярусу. 1 – пісок, 2 – алеврит, 3 – глина, 4 – мергель



**Рисунок 5.** Схема розповсюдження типів розрізів київського ярусу

Викладене свідчить, що формування київського ярусу відбувалося, загалом, у досить складних умовах, що мали суттєві відмінності у різних частинах території й зазнавали певних змін у часі. Для виявлення закономірностей літологічної мінливості київського ярусу в динаміці його відкладання здійснено картографування просторового розподілу літотипів на різних часових зрізах товщі — умовних поверхнях, що відповідають певним моментам геологічного часу, який вимірюється у долях потужності товщі. Це є правомірним за таких двох припущень: 1) відкладання товщі, незалежно від літофаціальних умов, відбувалося повсюдно з рівномірною швидкістю; 2) тривалість накопичення товщі була однаковою на всій території — як момент початку седиментації, так і момент її завершення повсюдно наставали одночасно.

Перше припущення здається неправомірним, оскільки різним літофаціям, теоретично, властиві різні швидкості відкладання. Проте, спеціально проведеним статистичним аналізом не виявлено значимої залежності потужності порід від їхньої приналежності до певних літотипів. Щодо ж другого припущення, то для визначення моментів початку і закінчення формування товщі у різних частинах території просто немає конкретних підстав. Все це дозволяє, вимірюючи час відкладання товщі у долях її потужності та ставлячи таким чином розрізи у відповідність один одному, розглядати поверхню рівних часток потужності розрізів товщі як латеральну, що відповідає певному моменту геологічного часу.

Аналіз мінливості просторового розподілу літотипів у часовій послідовності латеральних зрізів київського ярусу (рис. 6–8)\* свідчить про такі закономірності. З самого початку київського віку три частини території — північно-східна (сучасна заплава Прип'яті), північно-західна (між рр. Прип'ять та Ілля) і південна (вузьке лівобережжя Тетерева)

\* Проаналізовано послідовність 100 часових латеральних зрізів розподілу літотипів з інтервалом 1% потужності товщі.

являли собою суцільні області седиментації мергелів (переважно) та глин (на північному заході). Широка середина частина території (обидва прибережжя р. Вуж) на той час була суцільною областю седиментації пісків (рис. 6 а).

Розвиток початкової ситуації полягав у поширенні південної області седиментації мергелів на північ за рахунок скорочення середньої області відкладання пісків (рис. 6 б). Ця тенденція зберігалася й далі, але разом з тим, середина область відкладання пісків також зміщувалася на північ за рахунок скорочення північно-західної області глинистої седиментації. Одночасно на крайньому північному заході (верхня течія р. Ілля) розширювалася така ж область відкладання пісків, і обидві вони, разом із розташованою між ними ділянкою відкладання алевритів, на середину київського віку склали суцільну піщано-алеєвритову область між рр. Прип'ять та Ілля (рис. 7).

Дана ситуація протягом довгого часу не зазнавала суттєвих змін; на переважній території відкладалися мергелі, а в північно-західній області піщано-алеєвритової седиментації алеєврити поступово стали переважати. В останню чверть київського віку в південно-західній та, місцями, у південній частині території мергелі поступово змінилися на алеєврити, чим і завершилося формування товщі (рис. 8).

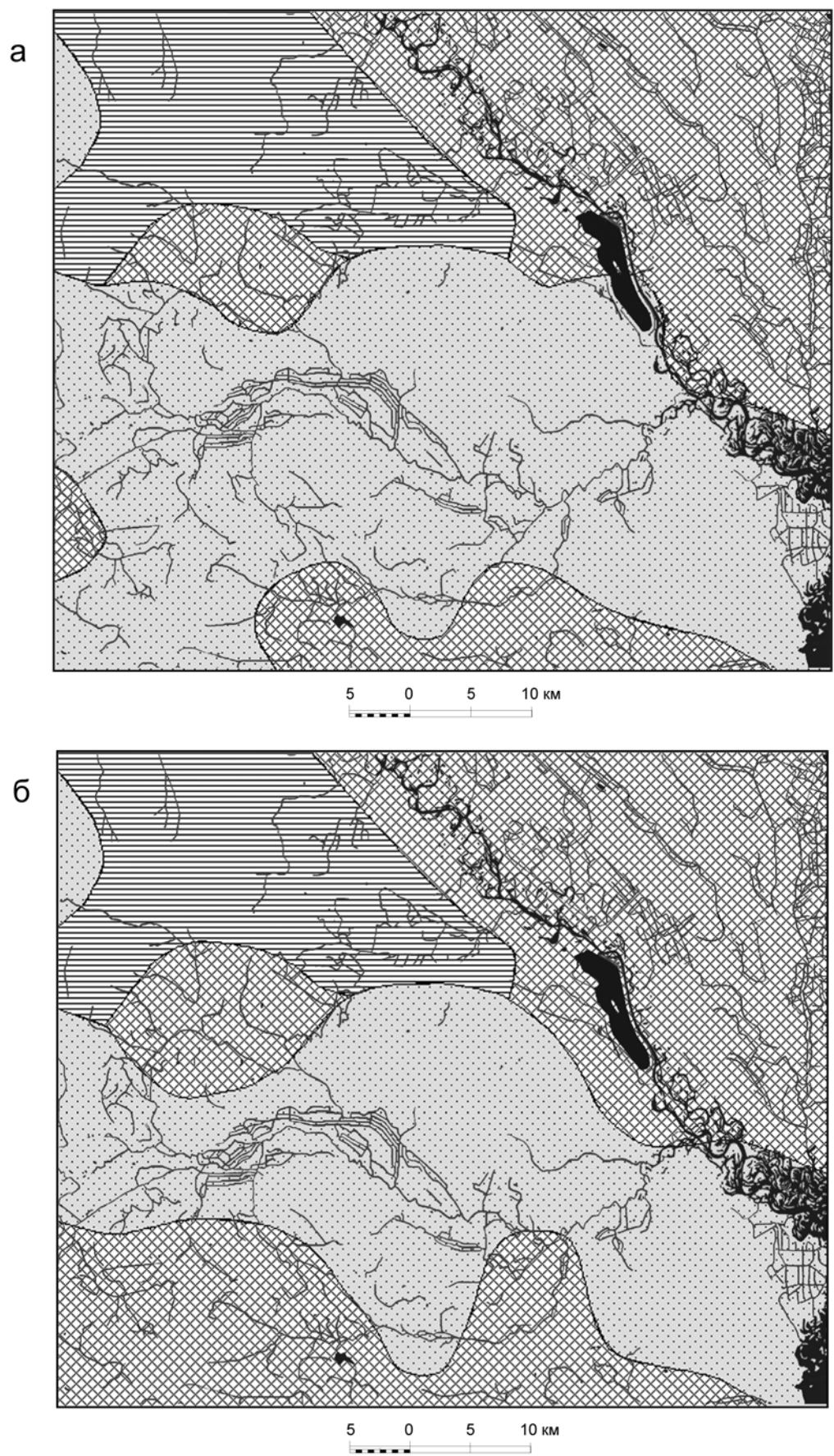
### **Обговорення і висновки**

За особливостями будови київського ярусу, які можна пов'язувати з геотектонічними явищами у докембрійському фундаменті, територія досить явно поділяється на такі три райони — північно-західний, північно-східний та південний.

Північно-західний район — це сучасне міжріччя Прип'яті і Вужа у межах території дослідження. За будовою київського ярусу ця частина території дуже неоднорідна; усі виділені типи розрізів приблизно однаково тут представлені невеликими областями. Слід відзначити, що саме на північному заході території поширені розрізи підтипу IV.2 (рис. 4, 5), які складені переважно алеєвритами та/або пісковиками, а нижні горизонти — до 25% потужності, глинами. До цієї ж частини території належать усі відомі розрізи типу V, складені майже виключно пісками. Мінливість потужності товщі на цій частині території також має складний характер і широкий розмах коливань — від 26 до 46 м, на невеликих відстанях і в різних напрямках (рис. 3). Зазначені особливості дозволяють припускати, що у північно-західній частині території протягом майже всього київського віку відкладання товщі відбувалося в умовах геотектонічної нестабільності, вірогідно, пов'язаної з розвитком південного схилу Прип'ятського прогину.

Північно-східний район — це сучасна заплава р. Прип'ять у межах території дослідження. Приналежність усіх відомих розрізів київського ярусу у цій частині території до типу I (рис. 4, 5) свідчить про те, що з самого початку київського віку тут на доволі великому просторі склалися одноманітні літофаціальні умови. Принаймні, у розрізі товщі відсутні ознаки геотектонічної нестабільності, на що можна було очікувати з огляду на те, що ця частина території розташована у південній прибортовій зоні розламів ДДЗ. Втім, північно-східний район взагалі не розглядається як перспективний щодо вибору місця для захоронення радіоактивних відходів.

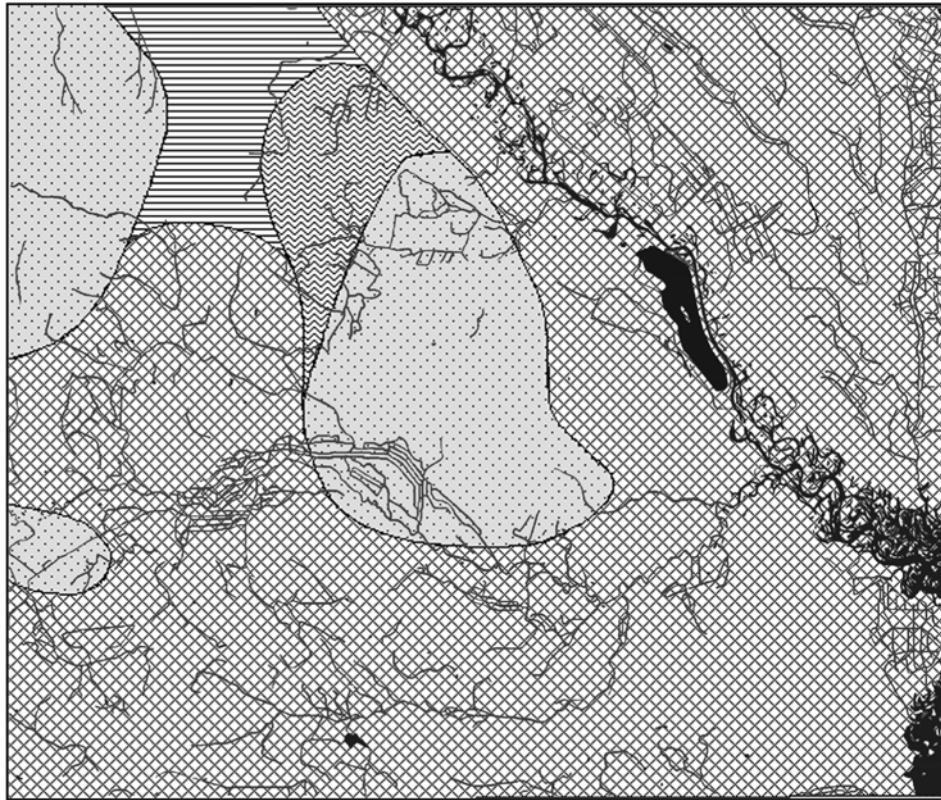
Південний район — це сучасне міжріччя Тетерева і Вужа в межах території дослідження. Розрізам київського ярусу тут властива відносно проста будова — вони належать, в основному, до типу II, а на периферії — до типу III, зрідка до інших (рис. 4, 5). Спільною ознакою типів II і III є наявність пісків у низах розрізу, що можна інтерпретувати як прояв трансгресивної фази формування товщі, яку потім змінила основна фаза з відкладанням мергелів. Примітною особливістю є фронтальний характер — з півдня на північ, часових змін піщаних відкладів на мергелі (рис. 6, 7), що можна розглядати як прояв субширотного структурного плану в процесі відкладання товщі. Потужність ярусу в даній частині території монотонно змінюється від мінімальної на заході до максимальної на сході (рис. 3). Все це сприймається як свідчення того, що формування товщі у південній частині території відбувалось у відносно спокійних геотектонічних умовах.



**Рисунок 6.** Просторовий розподіл літотипів на початку київського віку. *а* — поверхня відкладів 1% потужності, *б* — поверхня відкладів 5% потужності. Умовні позначення — див. рис. 4

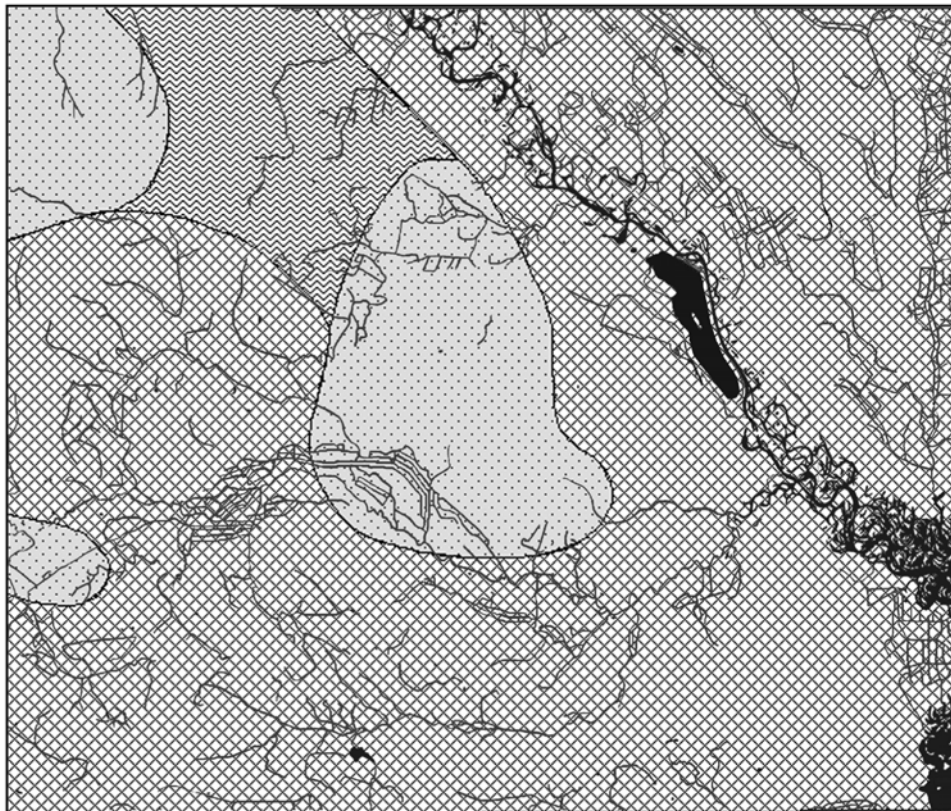


**а**



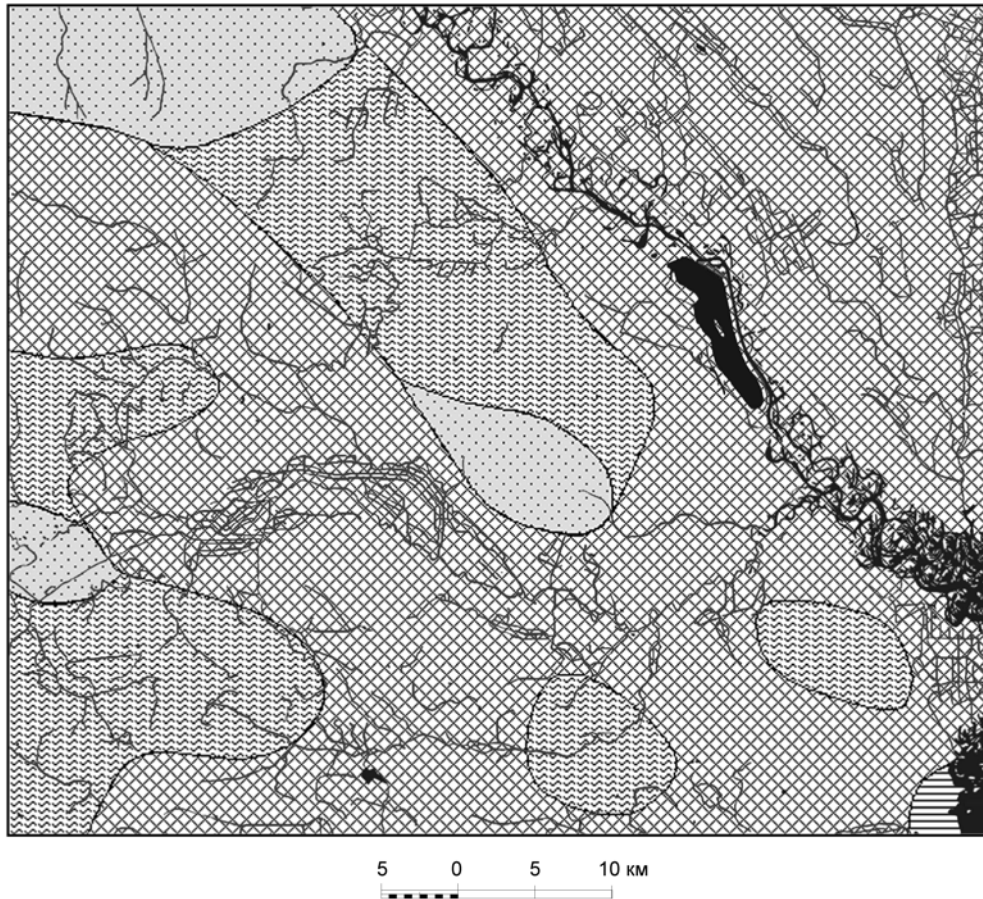
5 0 5 10 км

**б**



5 0 5 10 км

**Рисунок 7.** Просторовий розподіл літотипів у середині київського віку. *а* — поверхня відкладів 20% потужності, *б* — поверхня відкладів 50% потужності. Умовні позначення — див. рис. 4



**Рисунок 8.** Просторовий розподіл літотипів наприкінці кївського віку (покрівля товщі). Умовні позначення — див. рис. 4

Таким чином, південний район — міжріччя рр. Тетерів і Вуж, за результатами дослідження будови кївського ярусу, найбільш задовольняє вимогам геотектонічної стабільності геологічних утворень у контексті вибору місця для захоронення довгоіснуючих радіоактивних відходів.

Було б неправомірним у даній статті вдаватися до узагальнень щодо структури докембрійського фундаменту території. Проте відзначимо, що північно-східний район, безперечно, відособлюється від решти території елементами північно-західної регіональної зони розламів, яка є тектонічною границею південного борту ДДЗ. Що ж до границі між північно-західним і південним районами, то вона, очевидно, визначається тими ж елементами тектонічної структури фундаменту, яким підпорядкована й будова сучасної долини р. Вуж.

- 1 Науменко В.В., Сенін Е.В., Чекалов А.Г., Проскуряков А.Г., Скаржинський В.И., Николаенко Б.А., Бухарев В.П., Степанов В.А. Оценка сейсмической активности района Чернобыльской атомной электростанции. — Чернобыль, изд-во НПО «Припять», ИГФМ АН УССР, 1990. — 79 с.
- 2 Бухарев В.П., Степанов В.А., Семенюк М.П., Скворцов В.В., Скаржинський О.В. Еколого-геологічне Районування Чорнобильської зони відчуження. Збірник наукових праць / ДНЦ РНС. — Київ, 2001. — Вип. 2. — с. 304–309.
- 3 Азімов О.Т., Руденко Ю.Ф., Ходоровський А.Я., Ліщенко Л.П., Сахацький О.І. Застосування матеріалів дистанційних зйомок при виявленні ділянок, сприятливих для захоронення РАВ у зоні відчуження. Збірник наукових праць / Інститут геохімії навколишнього середовища. — Київ, 2001. — Вип. ¾ — с. 292 — 301.
- 4 Изоляция радиоактивных отходов в недрах Украины (проблемы и возможные решения) — Отв. ред. В.М. Шестопапов. / Научно-инженерный центр радиогидрогеологических полигонных исследований. — Киев, 2006. — 398 с.
- 5 Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами».

- 6 Скворцов Д.В. О неопределенностях понятийной базы в отрасли обращения с радиоактивными отходами. Збірник наукових праць / Інститут геології навколишнього середовища. — Київ, 20001. — Вип. 1. — с. 200–207.
- 7 Геологическая карта кристаллического основания Украинского щита. Масштаб 1:500000. — Главный редактор Н.П. Щербак. — Министерство геологии УССР. — Киев, 1983.
- 8 Середній еоцен (київська свита та її вікові аналоги) // Атлас Геологія і корисні копалини України. Масштаб 1:5 000 000. — Київ, 2001. — с. 90–91.

**Скворцов В.В., Александрова Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ КИЕВСКОГО ЯРУСА В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА УЧАСТКА ДОКЕМБРИЙСКОГО ФУНДАМЕНТА ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.**

*Закономерности строения киевского яруса (средний эоцен) на территории чернобыльской зоны отчуждения исследованы в связи с поиском тектонически стабильного участка для захоронения долгосуществующих радиоактивных отходов в докембрийских образованиях. Разнообразие условий формирования киевского яруса характеризуется пятью основными типами разрезов. Существенно разные тенденции эволюции литофациальных условий на протяжении киевского века в разных частях территории установлены путем анализа изменчивости пространственного распределения литотипов в последовательности временных срезов толщи, которые соответствуют разным моментам геологического времени. По особенностям строения киевского яруса, которые обусловлены геотектоническими факторами, территория разделяется на три района — северо-западный, северо-восточный и южный. Тектонически наиболее стабильным представляется южный район; в нем должны быть сосредоточены первоочередные работы с целью поиска участка для захоронения долгосуществующих радиоактивных отходов.*

**Skvortsov V.V. Olexandrova N.B. INVESTIGATION OF KYIV STAGE STRUCTURE WITHIN THE EXCLUSION ZONE AIMED AT THE PLOT PROSPECTING FOR RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL ON THE PRE-CAMBRIAN BASEMENT**

*The regularities of Kyiv stage structure (Middle Eocene) on the territory of Chernobyl Exclusion zone are investigated in connection with tectonically stable site prospecting for long-lived radioactive waste disposal in Pre-Cambrian formations. The diversity of Kyiv stage formation conditions is characterized by five main types of column. Significantly different tendencies for changes of litho-facial conditions over the course of Kyiv age in the different parts of territory are recognized through analysis on variation of litho-type spatial distribution in the sequence of lateral strata cut-offs, which correspond to various moments of geological time. By the features of Kyiv stage structure, which depend upon the geotectonic factors, the territory is classified into the three regions north-western, north-eastern and southern regions. Tectonically, the southern region might be the most stable among them. The first-turn works must be concentrated here for the site prospecting aimed at long-lived radioactive waste disposal.*