

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ГЕОЛОГО-ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ВЫБОРА МЕСТА ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ДОЛГОСУЩЕСТВУЮЩИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

В.В. Скворцов, Н.В. Александрова

Институт геохимии окружающей среды НАН и МЧС Украины, г. Киев, Украина

Изложены принципы создания геолого-информационной базы выбора места для захоронения долгосуществующих радиоактивных отходов. На практическом примере – построении поверхности докембрийского фундамента чернобыльской зоны – показана возможность использования такой геолого-информационной базы. Кратко изложены результаты методических работ, которые были проведены с целью выбора наилучшего метода аппроксимации реальной поверхности, и анализа полученного результата.

Проблема захоронения долгосуществующих радиоактивных отходов (ДРО) является одной из кардинальных проблем обращения с РАО в Украине. В стране накоплены большие объемы ДРО разного происхождения. Значительные объемы ДРО образовались в результате эксплуатации АЭС, еще больше ДРО образуется в процессе снятия с эксплуатации энергоблоков. Подавляющая часть ДРО возникла в результате чернобыльской катастрофы и сосредоточена в объекте «Укрытие», локализована в хранили-

щах РАО в зоне отчуждения, находится в природно-техногенной среде промплощадки ЧАЭС. К ДРО практически относится и отработавшее ядерное топливо РБМК Чернобыльской АЭС. Согласно украинскому законодательству в соответствии с нормами МАГАТЭ ДРО подлежат размещению в так называемом геологическом хранилище, которое должно быть сооружено в стабильных геологических образованиях на глубине в несколько сотен метров.

Основные группы радиоактивных отходов в Украине по источникам их образования и местам сосредоточения

Производитель (место хранения) РАО	Объем, 10 ³ м ³	
	А	В
	Всего	В том числе ДРО
АЭС в процессе их эксплуатации	190	3
АЭС в процессе снятия с эксплуатации энергоблоков (2005–2030 гг.)	190	17
Объект «Укрытие»	500	213
Локальная зона объекта «Укрытие»	280	109
Природно-техногенная среда промплощадки ЧАЭС	800	40
Пункты захоронения РАО в зоне отчуждения	690	13
Пункты временной локализации РАО в зоне отчуждения	1360	14
Межобластные спецкомбинаты ГО «РАДОН»	10	0.1
<i>Сумма</i>	<i>0</i>	

В ряде регионов Украины существуют стабильные геологические образования, потенциально перспективные для безопасного захоронения ДРО. Однако именно зона отчуждения и зона безусловного (обязательного) отселения является тем регионом, в котором должно быть определено место для геологического хранилища, хотя бы потому, что за пределы этой территории чернобыльские отходы не могут быть вывезены ни согласно действующему законо-

дательству, ни согласно элементарному здравому смыслу.

Эколого-геологические исследования, проведенные в последнее десятилетие, привели к выводу, что в Чернобыльском регионе имеются геологические образования, потенциально пригодные для сооружения в них геологического хранилища. В западной части этой территории рассматриваются как перспективные докембрийские породы, в первую оче-

редь, гранитоиды коростенского плутона, а также толща кварцитов Овручского кряжа, которые выходят на дневную поверхность, но имеют достаточно большие мощности. В восточной части территории

перспективы захоронения ДРО связываются с докембрийскими гранитоидами не только коростенского, но и других магматических комплексов (рис. 1).

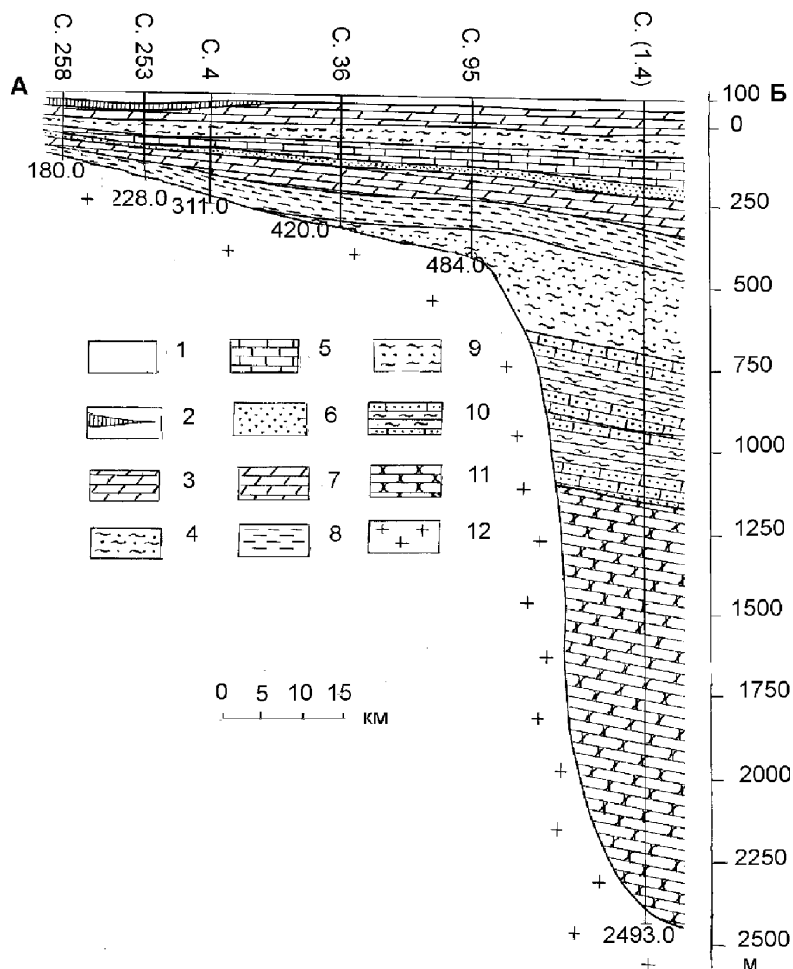


Рис. 1. Геологический разрез черновыльської зони: 1 – четвертичний покрив; 2 – останець неогенових отложений (N1pt - N2ps); 3 – мергели і алеврити киевської і харьківської свит (P2kp - P3hr); 4 – глинисто-песчані середнього еоцену (P2kp - bc); 5 – мергели і мел турон-сантонського ярусів (K2t - st); 6 – піски і піщаники сеноманського яруса (K2s); 7 – мергели і известкові глини верхньої юри (J3k - km); 8 – алеврити і глини середньої юри (J2bj - bt); 9 – пестрі глини, алеврити, піски триаса (T1-2); 10 – піщаники, известняки, глини карбона (C1-2); 11 – мергели, известняки, доломіти, алеврити девона (D2-3); 12 – кристалічні породи докембрія (AR - PR)

Привлекательность собственно черновыльської зони отчуждения в отношении создания геологического хранилища обусловлена как социально-экономическими, так и конкретными эколого-геологическими обстоятельствами: в зоне существует развитая инфраструктура, в том числе инфраструктура обращения с радиоактивными отходами, а докембрийские кристаллические породы, в которых предполагается соорудить хранилище-могильник, перекрыты мощной толщей преимущественно глин и мергелей, которые представляют собой надежный региональный экран, исключающий возможность восходящей миграции радионуклидов в биосферу.

В геоструктурном отношении Чернобыльський регион находится на склоне Украинского щита,

переходящем в Днепровско-Донецкую впадину. Докембрийский фундамент согласно имеющимся данным сложен различными по возрасту и составу гнейсами, мигматитами, гранитами, кварцитами. В западной части территории в районе расположения ЧАЭС он залегает на глубине более 400 м и исследован крайне слабо, в основном косвенными геофизическими методами.

Выбор места для геологического хранилища предполагает проведение многолетних специализированных комплексных эколого-геологических работ. Первым этапом этих работ должно быть исследование глубинного геологического строения территории с целью выбора двух-трех перспективных участков, подлежащих дальнейшему более деталь-

ному изучению. В основу этих исследований должны быть положены:

- полное и объективное обобщение результатов всех геологических и геофизических работ, проведенных к настоящему времени;
- данные прямых геологических исследований пород докембрийского фундамента с применением структурно-параметрического бурения;
- современные компьютерные технологии обработки и анализа геологической информации.

Применение компьютерных технологий, естественно, начинается с создания баз данных. Статья посвящена построению специализированной базы данных и технологии решения одной из важных геологических задач, а именно: выявлению морфологии поверхности докембрийского фундамента по данным буровых и геофизических работ.

Основными особенностями предложенной нами геолого-информационной базы данных (БД), целью создания которой является сбор, систематизация, введение и обработка данных о геологическом строении территории Чернобыльской зоны, является:

- иерархическое строение структуры;
- возможность неограниченного пополнения данных на различных информационных уровнях;
- возможность формализации результатов геофизических исследований как серии виртуальных одномерных вертикальных разрезов, совместимых при обработке с данными бурения.

Структура БД организована так, чтобы включить наиболее полную информацию по результатам геологоразведочных, геофизических и геохимических работ, проведенных на территории Чернобыльской зоны на протяжении последних двадцати лет, и является серией взаимосвязанных таблиц, размещенных в иерархическом порядке (рис. 2).

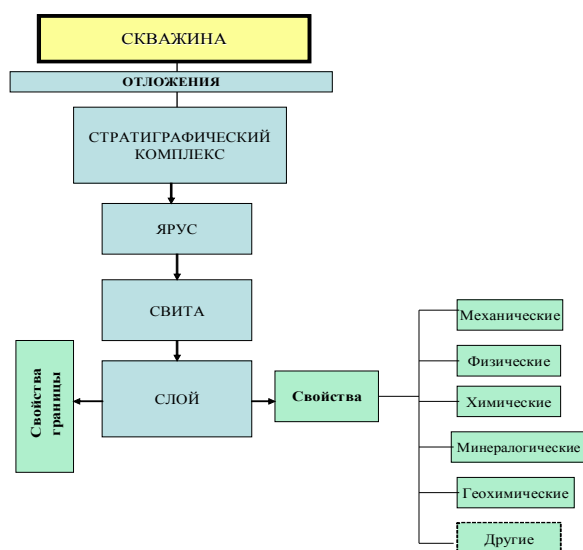


Рис. 2. Принципиальная схема структуры базы данных

Таблица СКВАЖИНА является перечнем скважин, которые находятся в Чернобыльской зоне, и имеет поля, где находятся общие сведения о скважине: название скважины; абсолютная отметка; географические координаты места расположения скважины; название организации, проводившей бурение; год проведения буровых работ.

В таблицах СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, ЯРУС, СВИТА, СЛОЙ, СВОЙСТВА и СВОЙСТВО ГРАНИЦЫ накапливаются все имеющиеся данные о геологическом строении и свойствах горных пород, которые получены в результате бурения и аналитических работ по керну отдельной скважины. Взаимодействие между таблицами организовано таким образом, чтобы пользователь имел возможность получить информацию по принципу «от общего к частному». Структура БД позволяет пользователю получать, дополнять или корректировать информацию на любом уровне.

Таблица СВОЙСТВО ГРАНИЦЫ является дополнительной к таблице «СЛОЙ». Она заполняется только в случае, когда слой не имеет четко выраженной границы, относится к подошве текущего слоя и, соответственно, к кровле слоя, который залегает ниже по разрезу. Информация подается в виде описания характера границы.

Таблица СВОЙСТВА является перечнем свойств слоев и пород, из которых они состоят. Такой перечень для каждого отдельного слоя избирается пользователем из общего перечня свойств. Пользователь также имеет возможность неограниченно пополнять этот перечень, генерируя при этом вспомогательные таблицы свойств. Показана как пример блок-схема организации перечня свойств слоя, состоящего из глины.

С целью выбора СУБД для организации БД были сформулированные следующие требования к программному обеспечению (см. рис. 2).

1. БД должна иметь возможность быть использованной как самостоятельный программный продукт.
2. БД должна входить составной частью в геолого-исследовательскую модель и, следовательно, таблицы БД и формат данных, размещенных у них, должны отвечать типам и форматам, принятым в геолого-исследовательских системах.
3. Банк должен быть реляционным.
4. Программный продукт не должен требовать отдельной инсталляции.
5. Пользование БД должно быть доступно среднему пользователю (для работы с ней пользователь не должен проходить специальной подготовки).
6. Должна быть предусмотрена возможность разработки собственных экранных форм.
7. Должна быть предусмотрена возможность проектирования запросов и отчетов.
8. Должна быть предусмотрена возможность создания макросов и модулей VBA.

Всем этим требованиям полностью отвечает Access XP пакета Microsoft Office XP для среды Microsoft Windows XP. Access XP является развитой СУБД, что позволяет спланировать БД, разработать таблицы и поля, связи разных типов между таблицами, запроецировать экранные формы и элементы управления, запросы и отчеты.

Согласно разработанной принципиальной схеме была спроектирована БД. Сформировано одиннадцать таблиц, определены параметры полей каждой и спланирована схема связей между таблицами.

Таблицы включают такие типы данных полей: текстовый – буквы (используются латинские и кириллица), цифры и знаки пунктуации (до 255 символов); поле Мемо – буквы, цифры и знаки пунктуации (до 64000 символов); число – числовые значения; дата – для записи дат. Разработанные идентификаторы для таблиц каждого уровня (DrillID, HorizonID, FloorID, SktID, LayerID, CLayerID, TopLayerID, BottomLayerID, GeoIDXID, PGroopID, PropertyID, ValueID) с помощью которых осуществляется идентификация каждой записи.

Таблицы GeoIDX (перечень геологических индексов), Rocks (перечень названий геологических пород), PGroups (перечень групп параметров) и Property (перечень свойств и их параметров) разработаны как таблицы-библиотеки (справочники), информация из этих таблиц заносится в другие таблицы с помощью функции выбора.

Важнейшей из таких таблиц является таблица геологических (геохронологических) индексов, записи которой служат идентификаторами при корреляции между строками-записями БД. В запрограммированной структуре БД она имеет название **GeoIDX**. В эту таблицу вошли все геохронологические индексы (на иерархических уровнях, обусловленных структурой БД) осадочных залежей Чернобыльской зоны.

В настоящее время разрабатываются модули пространственного моделирования геологической среды и визуализации полученных результатов.

Выбор и адаптация программного обеспечения, необходимого для такого моделирования, осуществляется в соответствии с требованиями, которые вытекают из разработанной структуры банка данных.

При решении задач автоматического картирования выбор математического метода аппроксимации для получения модельных поверхностей представляет исключительный интерес.

Для опробования математических методов аппроксимации решалась задача построения поверхности кристаллического фундамента на участке территории Чернобыльской зоны, хорошо обеспеченном результатами бурения и региональными геофизическими исследованиями. Это позволило составить выборку, состоящую из 22 гипсометрических отметок поверхности кристаллического фундамента, пятнадцать из которых являются данными, полученными в результате бурения, а семь – по результатам региональных геофизических работ (краевые точки участка). Условная система координат, где точка

$x=0$, $Y=0$ расположена в левом нижнем углу участка, была выбрана для упрощения счета.

С математической точки зрения такая выборка является однородной и нормально распределенной, а величина $Z(x,y)$ может рассматриваться как детерминированная.

Для построения поверхностей такого рода используются методы тренд-анализа, где под тренд-анализом понимается процедура аппроксимации эмпирических данных некоторыми вполне определенными функциями, аргументами которых являются координаты точек наблюдения. Предполагается, что любое из наблюдаемых значений Z может быть представлено в виде суммы двух компонент, одна из которых (F) рассматривается как неслучайная функция от координат, а другая (f) – как случайная: $Z(x,y)=F(x,y)+f(x,y)$, где x,y – координаты точек наблюдения. Детерминированная часть $F(x,y)$ отражает закономерное изменение признака Z в пределах исследуемой пространственной области. Появление флуктуации $f(x,y)$ может быть вызвано как локально действующими факторами, так и случайными факторами (например, ошибками измерения).

Не останавливаясь на сути опробованных математических методов, отметим, что наилучший результат показала обработка вероятностными методами, в частности крининг-методом.

Для проверки адекватности полученных результатов моделирования было выбрано построение поверхности кристаллического фундамента Чернобыльской зоны, что является принципиальным для создания геолого-информационной модели.

Создание аналоговых (субъективных) геологических карт имеет глубокие исторические корни и традиции. При ручной обработке имеющегося материала интерпретатор, используя метод линейной интерполяции, не только старается провести корректные вычисления, но и вкладывает свои представления о предмете исследования, качественные профессиональные знания. Компьютерное моделирование, имея преимущество в скорости и возможной сложности вычислений, не может использовать не формализованные знания. Результаты компьютерного моделирования необходимо контролировать на каждом этапе обработки, дополняя при этом исходную расчетную базу.

Для проверки адекватности результатов компьютерного моделирования поверхности кристаллического фундамента территории Чернобыльской зоны была использована построенная в 2001 году группой специалистов ИГОС «Схематическая карта гипсометрии поверхности кристаллического фундамента Чернобыльской зоны». Схематическая карта была построена на основе обобщения материалов государственной геолого-гидрогеологической съемки (данные 19 скважин) и материалов региональных геофизических исследований (рис. 3).

Для построения компьютерной модели поверхности кристаллического фундамента территории

Чернобыльской зоны были также использованы материалы государственной геолого-гидрогеологической съемки (данные 34 скважин) и в значительной мере результаты региональных геофизических исследований. Условная система координат выбрана для упрощения расчетов, точка с координатами $x=0$, $y=0$ расположена в нижнем левом углу планшета. Аппроксимация поверхности проводилась крининг-методом (рис. 4).

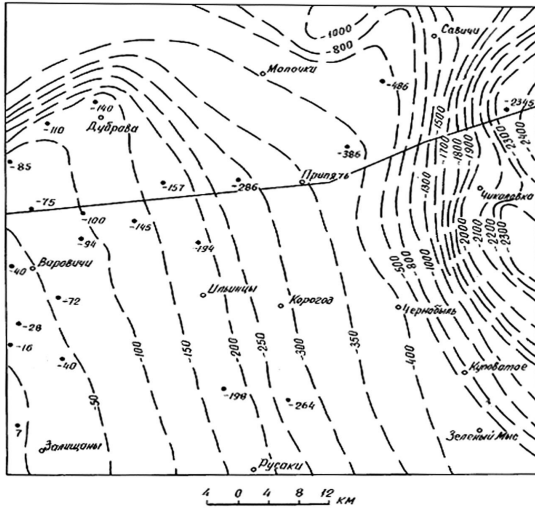
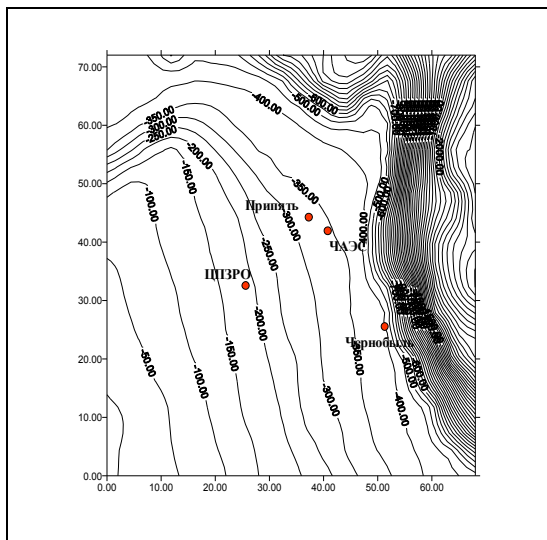


Рис. 3. Схематическая карта гипсометрии докембрийского фундамента



ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ГЕОЛОГО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ВИБОРУ МІСЦЯ ДЛЯ ЗАХОРОНЕННЯ ДОВГОІСНУЮЧИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

В.В. Скворцов, Н.В. Олександрова

Викладені принципи створення геолого-інформаційної бази вибору місця для захоронення довгоіснуючих радіоактивних відходів. На практичному прикладі – побудові поверхні докембрийського фундаменту чорнобильської зони – показана можливість використання такої геолого-інформаційної бази. Стисло викладені результати методичних робіт, які були проведені з метою вибору якнайкращого методу апроксимації реальної поверхні, і аналізу отриманого результату.

THE PRINCIPLES OF GEOLOGICAL-INFORMATION BASE CREATION ON SITE SELECTION FOR LONG-LIVED RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL

V.V. Skvortsov, N.V. Olexandrova

Рис. 4. Компьютерная модель поверхности докембрийского фундамента

Трехмерная визуализация геологических поверхностей и в будущем полной модели геологического строения Чернобыльской зоны позволят проводить анализ геологической ситуации на более высоком уровне (рис. 5).

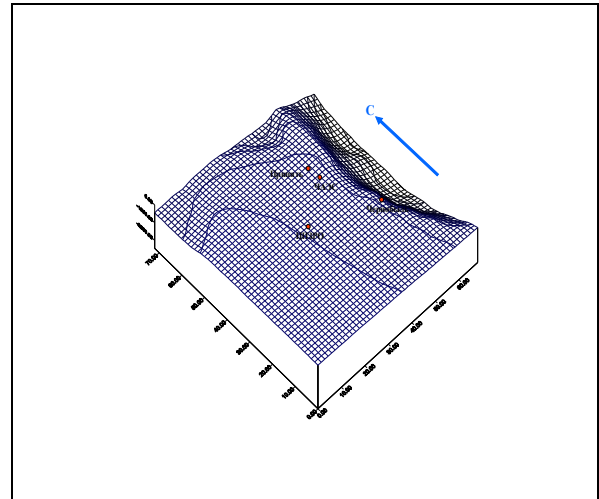


Рис. 5. Пример трехмерной визуализации компьютерной модели поверхности докембрийского фундамента

При построении обеих моделей не использовались данные о тектоническом строении кристаллического фундамента. Эти исследования, безусловно, требуют продолжения, в частности для моделирования не только поверхности фундамента, но и самой его структуры на достаточную глубину – порядка 2...3 или даже 5...6 км с целью выбора наиболее стабильных участков земной коры, где можно будет построить безопасное геологическое хранилище.

The principles of geological-information base creation on site selection for long-lived radioactive waste disposal are reported in this article. The possibility for such geological-information base to be used is shown by a practical example of Chernobyl zone Precambrian foundation construction. Results of methodical works, which have been carried out with a view to choose the best method of approximation of a real surface, and analysis of the results gained are briefly outlined.