

# **ОСАДОВІ ФОРМАЦІЇ: КОРИСНІ КОПАЛИНИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ / ОСАДОЧНЫЕ ФОРМАЦИИ: ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА**

УДК 551.550.8.012:622.24 (477.5)

**В. Е. Гончаров, И. Н. Бабко, А. Н. Каленская, Л. Р. Савельева**

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**V. Ye. Goncharov, I. N. Babko, A. N. Kalenskaya, L. R. Savelyeva**

### **INNOVATION INFORMATIONAL GEOLOGICAL TECHNOLOGIES IN LITOLOGICAL INVESTIGATION**

В роботі пропонується інноваційний (інформаційно-геологічний) напрям розвитку літологічних досліджень як закономірне продовження поступового переходу геології до точних наук. Визначена основа переходу, що базується на використанні «візуальних фреймів» для представлення об'єктів літології як елементів природних систем засобами штучного інтелекту.

Можливості вирішення проблем літології з визначення ієрархічності, підпорядкування, взаємозв'язку різномасштабних об'єктів показані на прикладі вирішення проблем стратиграфії і тектоніки. При цьому закономірним проміжним етапом у поданні геологічних знань за допомогою «візуальних фреймів» є побудова інформаційно-стратиграфічних профілів зон і частин регіонів, що показано на прикладі Північного борту і Північної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини. Автори вважають, що фреймове представлення знань дозволяє літології підняти на новий рівень дослідження породношарових асоціацій та їх просторового взаємовідношення, перейти до планомірного картування природних резервуарів як асоціацій гірських порід і одночасно вмістилищ вуглеводнів як у межах окремих родовищ і площ, так і на значних територіях нафтогазоносних регіонів.

*Ключові слова:* літологія, напрям, інформаційні системи, фрейми, візуальні фрейми, Дніпровсько-Донецька западина.

В работе предлагается инновационное (информационно-геологическое) направление развития литологических исследований как закономерное продолжение постепенного перехода геологии в разряд точных наук. Описана основа перехода, базирующаяся на использовании «визуальных фреймов» для представления объектов литологии как элементов естественных систем средствами искусственного интеллекта.

Возможности решения проблем литологии по определению иерархичности, подчиненности, взаимосвязи разномасштабных объектов показаны на примере решения проблем стратиграфии и тектоники. При этом закономерным промежуточным этапом в представлении геологических знаний с помощью «визуальных фреймов» есть построения информационно-стратиграфических профилей зон и частей регионов, что показано на примере Северного борта и Северной прибортовой зоны Днепровско-Донецкой впадины. Авторы считают, что фреймовое представление знаний позволяет литологии поднять на новый уровень исследования породнослоевых ассоциаций и их пространственного взаимоотношения, перейти к планомерному картированию естественных резервуаров, как ассоциаций горных пород и одновременно вместилищ углеводородов как в пределах отдельных месторождений и площадей, так и на значительных территориях нефтегазоносных регионов.

*Ключевые слова:* литология, направление, информационные системы, фреймы, визуальные фреймы, Днепровско-Донецкая впадина.

This paper proposes an innovative (and geological information) direction of the lithological investigations as a natural continuation of the gradual transition geology to the category of exact science. Basics of transition, based on use of visual frames to represent lithological objects as elements of natural systems by means of artificial intelligence is described.

Solving of the problems of lithology by definition hierarchy, subordination relationship non-uniformly scaled objects shown in the example of the problems of stratigraphy and tectonics. It is shown that a natural intermediate stage in the representation of geological knowledge by means of visual frames is creation of information-stratigraphic profiles of zones and parts of the region, as shown by the example of the North side and the North Nearside Zone of Dnieper-Donets Depression. Authors believe that framing knowledge representation allows lithology to rise to the new level investigations of rock associations and their spatial interrelation, and transfer to a planned mapping of natural reservoirs such as the association hydrocarbons mining receptacles, as within individual fields and areas, and the large areas of petroliferous regions.

*Keywords:* lithology, direction, information systems, frames, visual frames of the Dnieper-Donets depression

#### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ В ОБЩЕМ ВИДЕ И ЕЕ СВЯЗЬ С ВАЖНЫМИ НАУЧНЫМИ ИЛИ ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАНИЯМИ**

Данная работа посвящена возможности использования в литологических исследованиях новых информационных средств (ИС) и технологий. Авторы являются разработчиками отдельного геологического направления развития ИС интенсивно развивающейся геоинформа-

тики, тесно связанной с формированием инновационного этапа и в развитии наук о Земле.

#### **ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЕННЫХ РАНЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ И ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛЕЙ СТАТЬИ**

Данная работа является логическим продолжением исследований авторов, касающихся разработки принципов представления инфор-

© В. Е. Гончаров, И. Н. Бабко, А. Н. Каленская, Л. Р. Савельева, 2012

мации и знаний об объектах исследования специальных наук с помощью «фреймов» и «визуальных фреймов». Успешное решение задач стратиграфии и тектоники позволяет рекомендовать фреймовое представление информации и знаний с помощью ИС для решения прикладных задач литологии.

**ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ**

По сложившимся представлениям, современная схема инновационного процесса выглядит следующим образом (рис. 1). Как отмечают авторы, «...основной интерес, как правило, вызывают нижние уровни приведенной схемы, поэтому "жизнь кипит" особенно интенсивно именно здесь, поближе к "коммерческой прибыли", что, конечно же, вполне понятно. Но подчеркнем, что не следует забывать тот факт, что источником всех этих достижений являются верхние уровни инновационного процесса, а они-то как раз и оказываются обделенными всеобщим вниманием, поскольку требуют огромных рисков, огромных трудозатрат...» [1, с. 55]. Можно утверждать, что прежде всего это касается фундаментальных наук, к которым относится и современная литология. При этом формирование глубокого прорыва в понимании окружающего мира, вероятнее всего, осуществится благодаря разработке и применению новых современных технологических решений, существенно меняющих взгляд на проводившиеся ранее анализ, систематизацию, обобщение важнейших составляющих

комплекса процессов, протекавших в разных частях земного шара в геологическом прошлом, использование которых в свое время собственно и привело к разработке основных положений теории литогенеза М. М. Страхова.

В данной работе сделана попытка предложить для использования в литологических исследованиях инновационные технологические решения, которые на новом, информационном уровне способны решать классические задачи литологии, несмотря на то, что до последнего времени существует своеобразный психологический барьер между специалистами точных и описательных наук, что отмечается в большинстве публикаций, посвященных итогам математизации геологической науки. Его существование оказало определенное влияние на то, что, несмотря на огромные усилия, приложенные к внедрению математических методов, в геологии так и остались не реализованными желаемые ожидания. Именно поэтому, в условиях естественного снижения интереса геологов к математизации геологических знаний, большинство специалистов пока не связывают дальнейшее ее развитие с информатизацией геологии. Естественно речь идет не о компьютерном сопровождении исследований и работ, значительно сокращающем и упрощающем сроки их выполнения и представления результатов, а о решении вопросов и задач в традициях специальных наук.

Постепенное расширение информационного подхода в решении задач наук, изучающих Землю, проявляющееся в создании баз и бан-

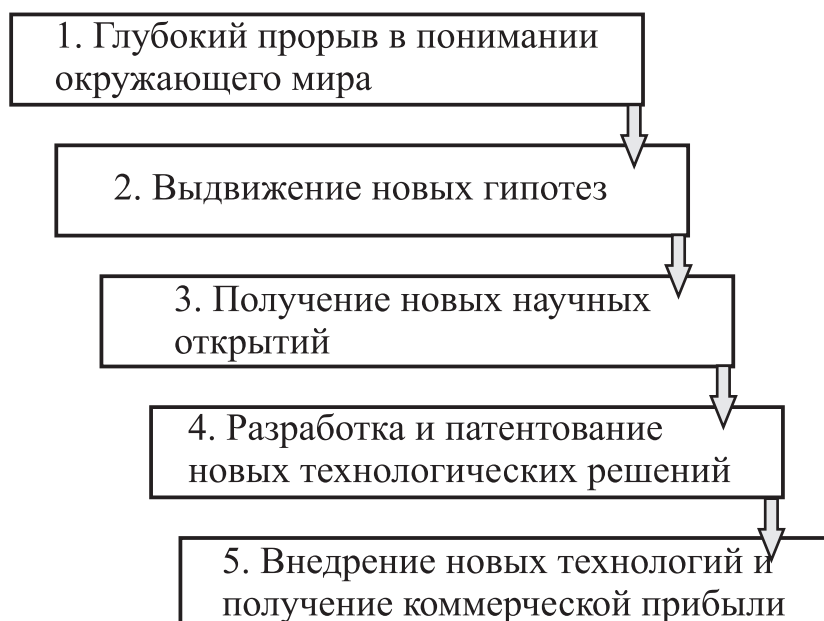


Рис.1. Полная схема инновационного процесса (А.Е. Кулинкович, М.А. Якимчук, 2008 г.)

ков разнообразной геологической информации, так или иначе обеспечивая работу современных информационно-технических средств, позволяет уже сегодня решать практические задачи геологии. Прежде всего это касается построения современных 3D геологических моделей нефтегазоносных объектов с использованием геофизических баз геолого-геофизической информации. Именно на базе геофизики геоинформационные технологии получили развитие и массовое применение в геологии. Сегодня на основе этого подхода, зарекомендовавшего себя в научном и практическом планах и являющегося системным, по сути, может быть создана информационная основа для изучения природных объектов как элементов естественных систем. Прежде всего это касается задач определения их иерархичности, подчиненности и взаимосвязей с окружающими объектами, разнообразными процессами и явлениями с помощью ИС. Именно поэтому узкоспециализированные базы информации, успешно применяющиеся в практике ГРР, должны быть представлены в наиболее обширной объектно-ориентированной базе геологической информации, что собственно и происходит на современном историческом этапе «эволюционным» путем. Вместе с тем необходим и инструмент, позволяющий с их использованием познавать и представлять естественные и прежде всего разнообразные разномасштабные захороненные (невидимые) объекты и Землю в целом. Это является шагом назад от направления более детального и практического изучения природных объектов, но шагом вперед в обобщении всех накопленных знаний в направлении теоретической реализации на практике идеи создания «Геонормы» В. В. Белоусова. Пока перед имеющимися информационно-техническими средствами задачи создания подобного инструмента не ставились; поэтому, возможно, и отсутствует ее практическое решение. Однако при внимательном рассмотрении становится понятно, что только на базе современных информационно-технических средств сегодня возможно получение подобного решения, так как именно они сегодня могут выполнять функцию «макроскопа» для представления значительных по размерам захороненных природных объектов в их естественном состоянии [2].

Предлагающиеся сегодня современные геофизические и информационно-технические

(включая математические) комплексы решения задач геологии по изучению и представлению природных объектов различных фирм решают эту задачу частично, фактически удовлетворяя потребности нижнего, пятого уровня инновационного процесса (рис. 1). Для перехода на более высокие уровни необходим инструмент, способный решать более масштабные задачи, в том числе и перевода описательной науки геологии в разряд точных наук.

Представление информации и знаний с помощью информационно-технических средств в виде разнообразных «фреймов» является современным направлением и одновременно инструментом, способным решать такие задачи и доказавшим свою результативность в различных сферах науки и практики [8]. В геологии идея фреймового представления информации и знаний разрабатывается сравнительно недавно. За непродолжительное время были сформулированы основные положения фреймового представления геологической информации и знаний, получены первые практические результаты [1]. В связи с постоянным расширением сферы информатизации происходит постоянное совершенствование понятия фрейм. В представленной работе фрейм рассматривается как «...одиночный универсальный носитель информации представления знаний о мире в теории мышления человека и искусственного интеллекта (ЭВИ), способный описывать факт, событие, процесс, с помощью которого осознаются и отображаются зрительные образы (визуальные фреймы), слова (семантические фреймы), мысли, действия (фреймы-сценарии)...» [с. 62]. Существующая сложность восприятия приведенного понятия, особенно специалистами, отдаленно знакомыми с представлением информации и знаний с помощью современных информационных технологий и средств, легко преодолевается при рассмотрении сути заложенного в нем смысла. Фактически «фреймы» используются для представления в памяти современных информационно-технических средств всех сложностей окружающего нас мира, с целью создания информационной основы для работы искусственного и естественного интеллекта. Непосредственно визуальные фреймы разномасштабных захороненных геологических объектов фактически вовлекают в исследование зрение, возвращая в практику геологических исследований один из первых методов иссле-

дования — наблюдение. Если наблюдение как метод познания природы человеком практически не изменился, то естественный интеллект исследователей, умноженный на объем имеющейся сегодня информации, трансформированный в сумму знаний, полученных на историческом пути развития геологии, является сегодня одним из важнейших инструментов для принятия решений. К тому же следует признать, что искусственный интеллект, даже на базе уже созданных суперкомпьютеров, использующих существующий арсенал математических методов и информации для решения проблем геологии, в ближайшем будущем пока не в состоянии достичь всестороннего отражения всей сложности природных объектов.

Более того, использование утверждения о том, что мысль образуется зрительным образом, а не речью, позволяет считать визуальные фреймы естественных объектов, основанных на каркасном способе их построения — новым инструментом, существенно дополняющем возможности широко развитого математического моделирования объектов. Сегодня становится понятно, что визуально-фреймовое представление природных объектов, удачно сочетающее цифровое и визуальное представление информации, берет начало в картографии, с построений разнообразных геологических карт и профилей, а не с математического моделирования. Именно картографическое отображение информации довольно давно рассматривается в математическом и изобразительном аспектах. Сегодня, в условиях переоценки отношения к бурно протекавшей математизации геологии, постепенно начинает изменяться и отношение к некоторым характеристикам графоматематического моделирования объектов. Например, считавшийся ранее подчиненным изобразительный аспект, функции которого сводились лишь к форме передачи отображенного к воспринимающему [9 и др.], при фреймовом представлении информации и знаний начинает постепенно занимать ведущую роль. И именно при фреймовом представлении (кадровом) информации появляется возможность реализации на практике важного для геологии принципа историзма в изучении и отражении природных объектов, чего в большинстве своем лишены математические модели.

Следуя этому принципу, масштабная информатизация геологии прежде всего должна была коснуться и коснулась стратиграфии — пер-

вой из наук, открывших и изучающих слоистое строение Земли и фактически создающей стратиграфическую основу информационного прорыва в развитии естественных наук (А.Е. Куликович, Н.А. Якимчук). Естественно часть вопросов касается решения теоретических проблем стратиграфии, например, одна из которых находит свое прямое отражение в способе использования на практике международной и региональных стратиграфических шкал (соответственно МСШ и РСШ). Ее суть заключается в том, что до последнего времени практически невозможно было составить для большинства регионов универсальную стратиграфическую шкалу детальнее яруса МСШ. Однако в рамках развивающейся геоинформатики эта проблема уже теоретически решена. Сегодня уже научно доказана возможность построения первокалендарей Вселенной и Земли (А.Е. Куликович, Н.А. Якимчук). Из этого следует, что в стратиграфии появилась реальная возможность представления объектов — стратонов любой детальности с помощью существующих информационно-технических средств. Это было доказано посредством проведенной кодификации и нумерации МСШ и РСШ ряда нефтегазоносных регионов стран СНГ [5].

Известно, что современные РСШ нефтегазоносных регионов не отвечают существующим требованиям представления объектов в более формализованном виде с помощью ИС. Поэтому с участием ведущих специалистов НАН Украины и производственных организаций были разработаны принципы и представлены с помощью информационно-стратиграфических шкал девонские и нижнекаменноугольные отложения Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ). Детализацией строения РСШ в традициях и атрибутах МСШ до уровня выделения микрофаунистического горизонта достигнута на практике возможность решения проблемы «универсализма» и «регионализма» в стратиграфии. Однако новые информационно-стратиграфические схемы только частично решают проблему прослеживания выделенных стратонов РСШ на региональном, а тем более межрегиональном уровнях от скважины к скважине. Оказывается, до последнего времени не существует инструмента стратиграфии для прослеживания «по всей Земле одной и той же ... последовательности стратонов» [7, с. 187]. Однако и эта проблема решается с учетом требований, выдвигаемых сегодня к оценке имеющейся



информации. С этих позиций на основании однозначности, однотипности, достаточности и других характеристик информации известные всем геологические профили и карты, использовавшиеся на первых этапах развития геологии, распавшейся на историческом пути развития на самостоятельные научные направления, вполне могут считаться рабочим инструментом ее первопреемницы — стратиграфии [3]. Поэтому, с позиций информатизации геологии, реальным доказательством движения геологии к точным наукам будет воплощенная в построениях площадная привязка выделенных в скважинах стратонив микрофаунистических горизонтов в виде информационно-стратиграфических профилей и фреймов.

В работе представлен один из визуально-стратиграфических фреймов карбона Северного борта и Северной прибортовой зоны ДДВ, построенный с учетом результатов пересмотра и проведения повторной стратификации разрезов около 500 глубоких скважин (рис. 2). В результате выполненных построений создана основа цифровой информационно-стратиграфической базы территории исследования, использование которой позволяет построить в любом направлении информационно-стратиграфический каркас слоистой модели вышеперечисленных нефтегазоносных комплексов на уровне микрофаунистических горизонтов, привязка которого осуществлена для значительной части нефтегазоносного региона. Фактически геология получила максимально точный (цифровой) стратиграфический каркас, к сожалению, только частично на сегодня представленный в визуально-фреймовом виде.

Первые разработки информационного структурно-тектонического направления проведения исследований естественных объектов показали их эффективность на локальном и сублокальном уровнях [1]. В представленной работе разработанные ранее принципы анализа структурных поверхностей ранее построенных карт впервые были использованы для выделения объектов зонального уровня. Выделение и построение пликативной составляющей структурной карты доверхнесерпуховских отложений ДДВ (Ю. А. Арсирий и др., 2004), наиболее полно характеризующей в целом структурно-тектоническое строение нижнекаменноугольных отложений Северного борта и Северной прибортовой зоны ДДВ открывает

новое, информационное направление в структурно-тектонических исследованиях.

Выполненными построениями на площади Северного борта и Северной прибортовой зоны ДДВ подтверждено структурно-тектоническое строение 116 ранее выделенных объектов, несколько по-иному представлено структурно-тектоническое строение 56 объектов и выделено около 70 новых объектов. Помимо этого, выделено несколько участков, осложняющих строение протяженных моноклиналиных склонов, согласно существующим представлениям отождествляющихся с изменением их структурно-тектонического строения. Все выделенные на зональном уровне локальные объекты и структурно-тектонические аномалии вполне могут рассматриваться как первоочередные участки для проведения детальных сейсморазведочных работ. Учитывая степень изученности наиболее перспективных нефтегазоносных комплексов ДДВ, достигнутые результаты являются еще одним свидетельством эффективного применения информационно-технических средств в геологических исследованиях.

#### **ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСЛЕДУЮЩЕГО РАЗВИТИЯ В ДАННОМ НАПРАВЛЕНИИ**

Не касаясь особенностей и направлений развития современной геоинформатики, отметим, что в условиях интенсивного развития информационно-технических средств теоретические разработки и практические результаты информатизации стратиграфических и структурно-тектонических исследований, касающиеся слоистого представления объектов, с успехом могут быть использованы и для представления разномасштабных объектов литологии.

Например, построения визуальных фреймов с успехом могут быть применены в литологии для изучения пространственных взаимосвязей разнообразных пород, единичных слоев песчаника, определения их генезиса через определение морфологических форм с целью разработки седиментационных моделей, повышающих эффективность прогноза и поиска ловушек нефти и газа. Не менее интересной является задача выделения и площадной и объемной привязок фациальных поясов и зон седиментации в интервале распространения основных нефтегазоносных комплексов. Их сопоставление с построенными информационно-стратиграфическими фреймами значительной

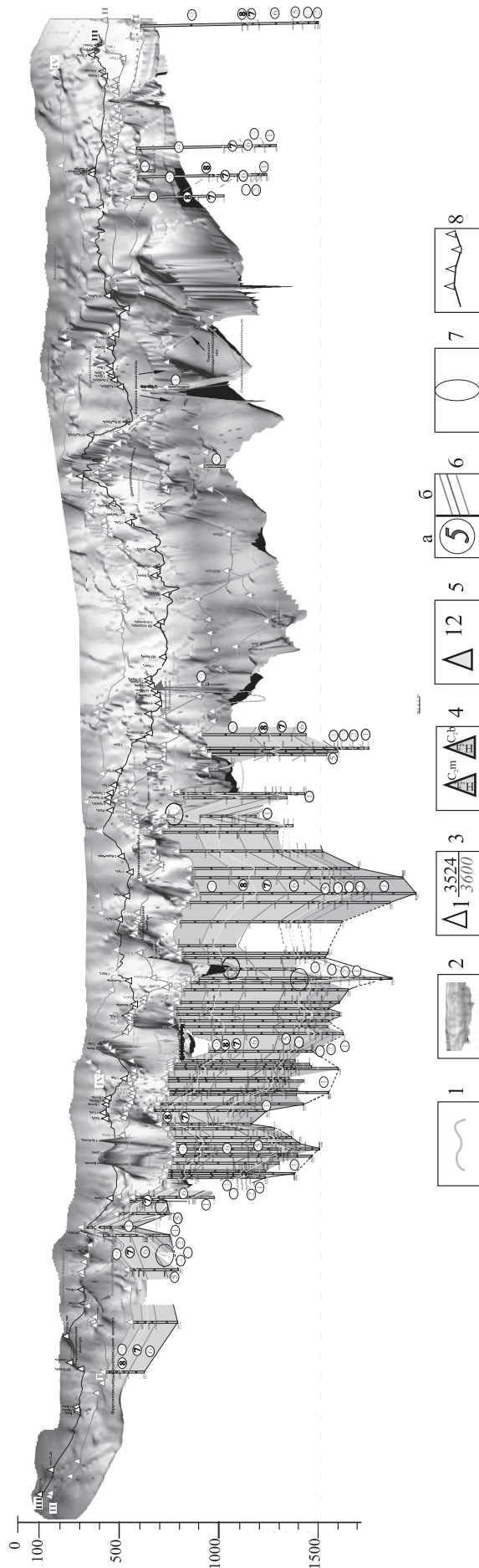


Рис. 2. Северный борт и прибратовая зона ДДВ. Информационно-стратиграфический визуальный фрейм (картографический образ) на уровне стратиграфических горизонтов нижнекаменноугольных отложений территории исследований. Идея и методологическое обоснование построений В. Е. Гончарова. Составили В. Е. Гончаров, А. Н. Каленская, Л. Р. Савельева. Стратиграфическое сопровождение построений И. Н. Бабко, Л. П. Кононенко, 2010 г. Техническое и компьютерное сопровождение О. А. Сапроненкова, С. А. Зуй  
 1 — поверхность доверхнесерпуховских отложений нижнего карбона на линии профиля (по материалам Ю. А. Арсирия и др., 2004); 2 — поверхность доверхнесерпуховских отложений нижнего карбона территории исследования в трехмерном изображении (по материалам Ю. А. Арсирия и др., 2004); 3 — скважины, вскрывшие каменноугольные отложения, числитель — подошва каменноугольных отложений, знаменатель — забой скважины; 4 — скважины, не достигшие поверхности доверхнесерпуховских отложений, забой которых находится в вышележащих отложениях; 5 — скважины, материалы которых по разным причинам не учтены в построениях; 6а — осадочные отложения на уровне МФГ ДДВ, порядковый номер которых в информационных системах характеризует очередность их образования в разрезе каменноугольной системы на территории исследования; 6б — линии, характеризующие распространение отложений стратонов МФГ на визуальном фрейме; 7 — места явных несогласий на вертикальной составляющей фрейма; 8 — направление линий профилей

части региона становится решаемой задачей на основе реализации одинакового (цифрового и визуального) представления объектов исследования в ИС.

1. *Гончаров В.Е.* Сублокальный геологический прогноз нефтегазоперспективных объектов в пределах территорий с высокой освоенностью недр Днепровско-Донецкой впадины / Гончаров В.Е. — Чернигов, 2011. — 257 с.
2. *Гончаров В.Е.* Геологічна інформатика. Положення в системі наук про Землю / Гончаров В.Е. // Геоінформатика. — 2007. — №3 — С. 19–26.
3. *Гончаров В.Е.* Практическая информатизация стратиграфических исследований / Гончаров В.Е., Каленская А.Н., Пупова М.А. // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. — К., 2010. — С. 26–41.
4. *Гончаров В.Е.* Розробка принципів зображення стратиграфічної інформації в інформаційно-геологічних дослідженнях / Гончаров В.Е., Кононенко Л.П., Каленська Г.М. // Геоінформатика. — 2008. — №3. — С. 56–68.
5. *Гончаров В.Е.* Інформаційний аналіз в стратиграфії / Гончаров В.Е., Шевякова З.П., Пупов А.В., Каленська Г.М. // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. — К., 2009. — С. 31–47.
6. *Кулинкович А.Е.* Проблемы геоинформатики / Кулинкович А.Е., Якимчук Н.А. // Киев, 2008. — 151 с.
7. *Мейен С.В.* Введение в теорию стратиграфии / Мейен С.В. — М.: Наука, 1989. — 216 с.
8. *Минский М.* Фреймы для представления знаний / Минский М. — М.: Энергия, 1979. — 152 с.
9. *Ширяев Е.Е.* Картографическое отображение, преобразование и анализ геоинформации / Ширяев Е.Е. — М.:Недра, 1984. — 248 с.

ЧО УкрГГРИ, Чернигов  
E-mail: ukniigrifaimail.cn.ua