

УДК 622.831.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ROCKWORKS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТОЛЩИ ГОРНОГО МАССИВА ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Скидан А.О., студент группы Мс-16, IV курс

Научный руководитель: Грищенков А.Н., ст. преподаватель  
ГОУ ВПО "ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ"  
г. Донецк

В условиях Донбасса в качестве энергетического сырья выступает уголь. Ограничность информации о геологическом строении месторождений во многих случаях является тормозящим фактором при внедрении современных экономически целесообразных технологий интенсификации добычи полезного ископаемого [1]. Цифровое геологическое моделирование в настоящее время является принципиально новым направлением в науках о Земле и многие вопросы еще требуют своего решения и развития.

Исходными данными для создания цифровых геологических моделей объектов углеводородного сырья (УВ) служат данные разведочной (полевой) геофизики и геофизических исследований скважин. Данные геофизических исследований скважин в силу их комплексности, информативности, детальности и высокой достоверности результатов решения обратной задачи (оценке геологических параметров) являются базовыми [2]. Основой современных технологий оптимизации разработки месторождений является постоянно действующая геолого-технологическая модель, для построения которой требуются цифровые базы данных, программно-технические и методические средства [3].

Основные программные продукты для геологического моделирования рассмотрены в работе [4]. Следует отметить, что большинство современных пакетов геологического моделирования (Petrel, IRAP RMS, Gocad) имеют файловую организационную структуру. В качестве примера пакета геологического моделирования, работающего с использованием реляционной базы данных Oracle, можно привести пакет Stratamodel, использующий совместно с другими приложениями ПК Landmark (сейсмическими, петрофизическими) базу данных OpenWorks. Сюда же можно отнести и программное обеспечение «Техсхема 15» компании ОАО «Сургутнефтегаз» [5]. Пример работы программы для геологов и геофизиков Petrel (2008, 2009, 2010) приведен в работе Е.А. Гладкова [6]. В настоящее время применяется сейсмоакустическое межскважинное сканирование с последующей обработкой в комплексе «Геозор3D» [7]. Также необходимо отметить

российские комплексы Geolpat, разработка которых ведется в компании «ГридПоинтДайнамикс» [8].

Программное обеспечение, используемое при геологических работах, можно разделить на несколько групп: векторные ГИС, растровые ГИС, горно-геологические системы для моделирования месторождений полезных ископаемых, сервисные программы.

Векторные геоинформационные системы широко используются при составлении карт. Из наиболее часто встречающихся пакетов следует отметить ArcGIS, Mapinfo, ПАРК и др. Растровые ГИС традиционно используют для дешифрирования материалов аэрофото- и космосъемок при поисково-съемочных работах (ErdasImagine, ENVI, ER Mapper и др.).

Горно-геологические системы предназначены для моделирования месторождений полезных ископаемых, подсчета запасов, планирования и оптимизации горных работ, моделирования рудничной вентиляции, проведения маркшейдерских расчетов. На Российских предприятиях наибольшее распространение получили программные комплексы Surpac, Micromine, Datamine, Gemcom, MineScape и др. [9], широкое признание получил программный комплекс RockWorks для построения различных геологических моделей [10].

Идея работы заключается в разработке базы данных для хранения информации по данным геологоразведочных скважин для последующей обработки их комплексом RockWorks, с целью получения 2D и 3D моделей толщи горного массива. Построение двумерных моделей было возможно и ранее, например, в среде SURFER. Однако, построение 3D модели толщи горного массива по данным геологоразведочных скважин возможно, например, только с использованием специализированного комплекса, как RockWorks [10], разработанного специально для нужд геологов. Благодаря использованию данного комплекса повышается автоматизация процесса, построения различных моделей толщи горного массива по данным геологоразведочных скважин.

Для решения горнотехнических задач выбран комплекс RockWorks, предназначенный для анализа и обработки геологических данных. Главными возможностями пакета является построение изолиний, поверхностей, моделирование вертикальных разрезов скважин и толщи горного массива в 2D и 3D виде, поддержка баз данных, построение стратиграфических моделей и разрезов толщи горного массива по данным геологоразведочных скважин.

Для построения стратиграфической модели и разрезов толщи использовались данные одной из шахт Донбасса.

Рассмотрим основные этапы работы программного комплекса RockWorks.

Для внесения данных в программу, необходимо в BoreholeDataManager заполнить данные по соответствующим основным вкладкам, указанным ниже:

*Вкладка Location (Местоположение) используется для ввода:*

1. Наименования скважины (ID).
2. Координаты заложения X (Easting).
3. Координаты заложения Y(Northing).
4. Альтитуды (Surfaceelevation).
5. Глубины скважины (Totaldepth).

*Вкладка Orientation (Направление ствола)* используется для ввода данных по искривлённым участкам ствола скважины:

1. Глубина (Depth).
2. Азимут (Bearing).

3. Зенитный угол (Inclination). Особенностью является то, что значение

0 принадлежит горизонтальным фрагментам ствола; вертикальное (вниз) направление обозначается как минус 90, а вертикальное (вверх) как плюс 90.

Для вертикальных скважин эту вкладку можно не заполнять.

Соответственно, использовались данные инклинометрической съёмки по скважинам: на глубине  $H_i$  от устья определены углы отклонения  $\Theta_i$  оси скважины от вертикали и дирекционные углы оси скважины.

*Вкладка Lithology (Литология)* предназначена для ввода данных по литологическим разновидностям, пересеченных скважиной. Вкладка связана с библиотекой литологических типов пород и соответствующими образцами штриховок, которые поставляются вместе с программой, но могут быть созданы самостоятельно.

Данные по литологии отображаются на 2D и 3D планшетах, разрезах, блок-диаграммах, картах и пространственных моделях. Поля вкладки:

1. Глубина до кровли (DepthToTop).
2. Глубина до подошвы(DepthToBase).
3. Название (Keyword).
4. Описание(Description).

*Вкладка Stratigraphy (Стратиграфия)* предназначена для ввода данных по стратиграфическим отбивкам вдоль ствола скважины. Эта вкладка связана с пополняемой библиотекой стратиграфических наименований (справочником StratigraphyTypes) и соответствующими образцами условных знаков. Они поставляются вместе с программой, но могут быть созданы, как в нашем случае, самостоятельно. Данные по стратиграфии используются при структурном картировании, создании карт изопахит, разрезах, блок-диаграммах и др. Поля вкладки:

1. Глубина до кровли (DepthToTop).
2. Глубина до подошвы(DepthToBase).
3. Название (Formation).

На рис. 1 показано окно ввода данных по геологоразведочным скважинам, где слева указаны названия скважин, а справа – их параметры.

На рис. 2 показаны искривления геологоразведочных скважин, как от вертикали, так и в плане. Каждой скважине соответствует своя стратиграфия.

В таблице 1, представленной на рисунке 3, показана синонимика пластов углей и известняков Донецкого угольного бассейна, по

которым далее создавался справочник стратиграфических подразделений в (BoreholeManager-StratigraphyTypes).

По данным из материалов по геологоразведочным скважинам выделено 4 свиты [11]:

*Исаевская свита ( $C_3^1(N)$ ).* Разрезсвиты представлен циклично переслаивающейся толщей аргиллитов и алевролитов со слоями разнозернистых песчаников с пластами и прослоями известняков и углей. Свита содержит до 20 угольных слоев, из которых два достигают рабочей мощности. Мощность свиты составляет от 65 до 250 м.

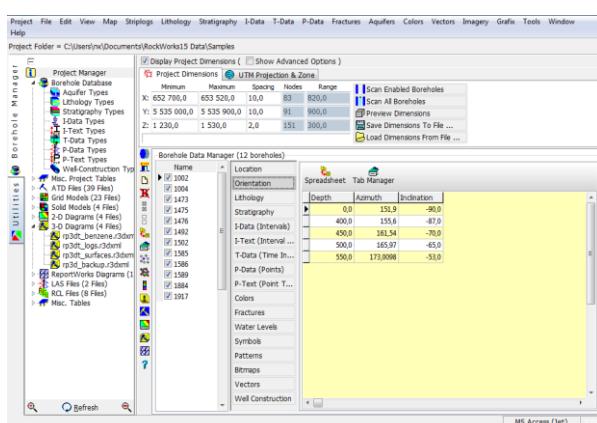
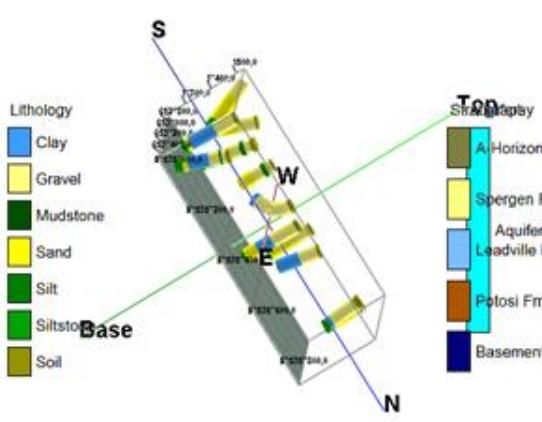


Рис. 1 – Ввод данных по геологическим скважинам

a)



б)

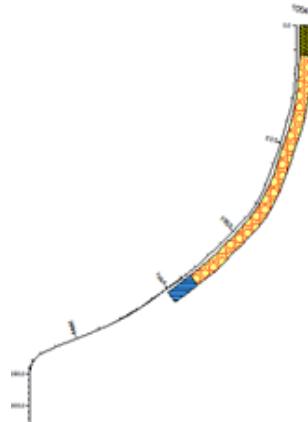


Рис. 2 – а) искривления геологоразведочных скважин от вертикали; б) искривления геологоразведочных скважин в плане

*Горловская свита ( $C_2^7(M)$ ).* Разрез свиты представлен циклично переслаивающейся толщей аргиллитов и алевролитов с мощными слоями разнозернистых песчаников, наиболее развитых в средней и нижней частях свиты.

*Алмазная свита ( $C_2^6(L)$ ).* Разрез свиты представлен циклично переслаивающейся толщей аргиллитов и алевролитов с мощными слоями

разнозернистых песчаников. Толща содержит слои и прослои известняков и углей, известняк L<sub>1</sub>.

*Каменская свита (C<sub>2</sub><sup>5</sup>(K)).* Разрез свиты представлен циклично чередующейся толщей морских, переходных и континентальных фаций. В ее составе преобладают аргиллиты, алевролиты и песчаники с подчиненными слоями и прослойками известняков и углей. В свите насчитывается до 35 угольных пластов и прослоев, из которых 5-6 достигают рабочей мощности.

На рисунках 4и 5 виден процесс ввода исходных данных по геологоразведочным скважинам для стратиграфии и созданная библиотека пород литологии. Для построения использованы проекты до 50 геологоразведочных скважин.

Система	Отделы	Свиты и их обозначения	Индексы пластов известняка	Индексы пластов угля
Каменно-угольная С	Верхний – C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> <sup>3</sup> – Р	P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> .....P <sub>7</sub>	p <sub>1</sub> , p <sub>2</sub> .....p <sub>5</sub>
		C <sub>3</sub> <sup>2</sup> – О	O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> .....O <sub>7</sub>	o <sub>1</sub> , o <sub>2</sub> .....o <sub>3</sub>
		C <sub>3</sub> <sup>1</sup> – Н	N <sub>1</sub> , N <sub>2</sub> .....N <sub>7</sub>	n <sub>1</sub> , n <sub>2</sub> .....n <sub>4</sub>
	Средний – C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> <sup>7</sup> – М	M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> .....M <sub>10</sub> <sup>1</sup>	m <sub>1</sub> , m <sub>2</sub> .....m <sub>9</sub> <sup>2</sup>
		C <sub>2</sub> <sup>6</sup> – Л	L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> .....L <sub>7</sub> <sup>3</sup>	l <sub>1</sub> , l <sub>2</sub> .....l <sub>8</sub> <sup>1</sup>
		C <sub>2</sub> <sup>5</sup> – К	K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> .....K <sub>9</sub>	k <sub>1</sub> , k <sub>2</sub> .....k <sub>8</sub>
		C <sub>2</sub> <sup>4</sup> – И	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> .....I <sub>4</sub> <sup>2</sup>	i <sub>1</sub> , i <sub>2</sub> .....i <sub>3</sub> <sup>2</sup>
		C <sub>2</sub> <sup>3</sup> – Н	H <sub>1</sub> , H <sub>2</sub> .....H <sub>6</sub> <sup>1</sup>	h <sub>1</sub> , h <sub>2</sub> .....h <sub>11</sub> <sup>1</sup>
		C <sub>2</sub> <sup>2</sup> – С	G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub> .....G <sub>4</sub>	g <sub>1</sub> , g <sub>2</sub> .....g <sub>3</sub> <sup>1</sup>
		C <sub>2</sub> <sup>1</sup> – Ф	F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> .....F <sub>2</sub> <sup>2</sup>	f <sub>0</sub> , f <sub>1</sub>
		C <sub>2</sub> <sup>0</sup> – Е	E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> .....E <sub>9</sub>	e <sub>1</sub> , e <sub>2</sub> .....e <sub>8</sub>
	Нижний – C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> <sup>4</sup> – Д	D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> .....D <sub>7</sub>	d <sub>1</sub> , d <sub>2</sub> .....d <sub>4</sub>
		C <sub>1</sub> <sup>3</sup> – С	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> .....C <sub>10</sub>	c <sub>1</sub> , c <sub>2</sub> .....c <sub>24</sub>
		C <sub>1</sub> <sup>2</sup> – В	B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> .....B <sub>12</sub>	b <sub>1</sub> , b <sub>2</sub> .....b <sub>6</sub>
		C <sub>1</sub> <sup>1</sup> – А		

Рис.3 – Синонимика пластов углей и известняков Донецкого угольного бассейна

После ввода и обработки данных, получена готовая карта расположения скважин (рисунок 6) и построена модель, отображающая геологоразведочные скважины в пространстве (рисунок 7).

После ввода и обработки данных получаем объемные 3D модели стратиграфии и литологии толщи горного массива по данным геологоразведочных скважин.

На рисунках 8-10 представлены 3D модели стратиграфии и литологии толщи горного массива в различных плоскостях.

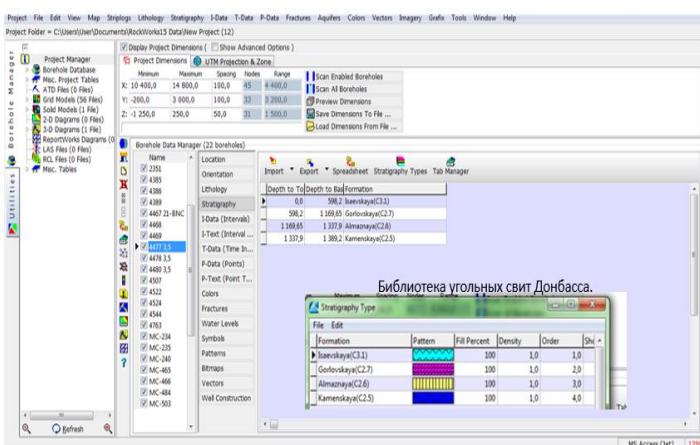


Рис.4 – Ввод данных по стратиграфии в БД программы.  
Библиотека угольных свит Донбасса

Lithology Type

File	Edit	Pattern	Fill Percent	Density	G-Value	Show in Le
al			100	1,0	0,6	<input checked="" type="checkbox"/>
ar			100	1,0	0,7	<input checked="" type="checkbox"/>
cy			100	1,0	7,0	<input checked="" type="checkbox"/>
gl			100	1,0	0,5	<input checked="" type="checkbox"/>
i			100	1,0	1,0	<input checked="" type="checkbox"/>
p			100	1,0	1,1	<input checked="" type="checkbox"/>
slg			100	1,0	0,8	<input checked="" type="checkbox"/>
slp			100	1,0	0,9	<input checked="" type="checkbox"/>
U			100	3,0	17,0	<input checked="" type="checkbox"/>
ua			100	1,0	1,3	<input checked="" type="checkbox"/>
ul			100	1,0	1,4	<input checked="" type="checkbox"/>
Ul-5			100	3,0	13,0	<input checked="" type="checkbox"/>
Um-3			100	3,0	16,0	<input checked="" type="checkbox"/>
Um-5-1			100	3,0	15,0	<input checked="" type="checkbox"/>
Un			100	1,0	18,0	<input checked="" type="checkbox"/>
us			100	1,0	1,5	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис.5 – Библиотеку пород литологии шахтного поля

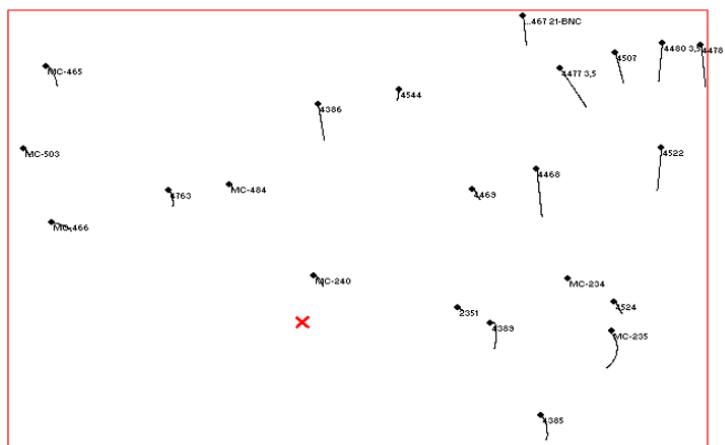


Рис. 6 – Карта расположения скважин

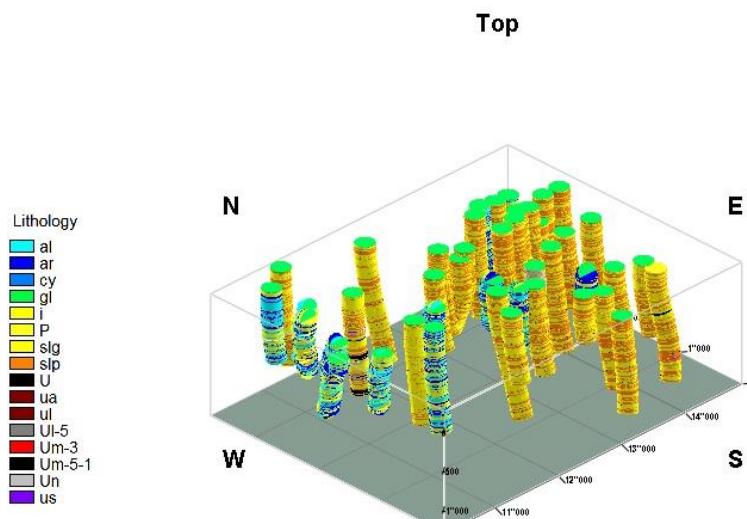


Рис. 7 – Геологоразведочные скважины в пространстве (литология)

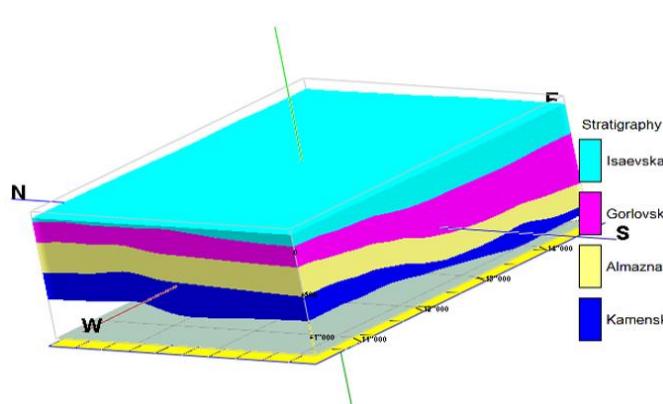


Рис. 8 – Объемная 3D модель стратиграфии толщи горного массива по данным геологоразведочных скважин

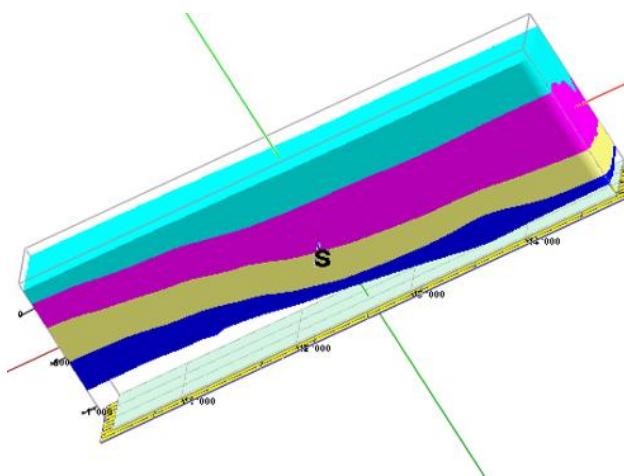
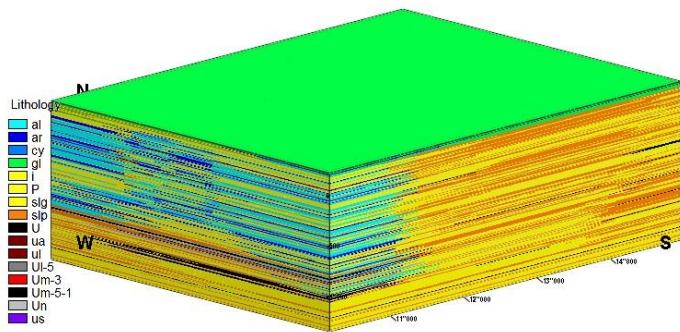


Рис. 9 – Объемная 3D модель стратиграфии толщи горного массива по данным геологоразведочных скважин (вид сбоку)



**Рис. 10 – Объемная 3D модель литологии толщи горного массива по данным геологоразведочных скважин**

В заключении можно сделать следующий вывод, что геологические модели по результатам геологоразведочных скважин и разрезы литологии и стратиграфии могут быть полезны при решении различных горно-геологических задач и горнотехнических задач.

#### **Список литературы:**

1. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Билибин С.И. Технология создания и сопровождения трехмерных цифровых геологоразведочных моделей нефтегазовых месторождений. – Москва, 2010. – 45с.
2. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. А.В. Жардецкий. Геологическое моделирование для геолого-геофизического мониторинга объекта эксплуатации углеводородного сырья. – Москва, 2000. – 22с.
3. Создание геолого-технологических моделей / Джексенбаев Е. К., Джексенбаев Н.К., Калдыбаева Н.Т. Материалы конференции. IX Международная научно-практическая конференция. – Прага: Изд. "EducationScience", 2013/10 – 47-50с.
4. Гладков Е.А. Геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений нефти и газа: учебное пособие / Е.А. Гладков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 99с.
5. Методические указания. Математическое моделирование пластовых систем. – Тюмень: Изд-во Тюменского отделения. СургутНИПИнефть, ОАО. Сургутнефтегаз. – 211с.
6. Гладков Е.А. Методология создания трехмерной геолого-технологической модели на месторождениях с историей разработки более 50 лет. Бурение и нефть. – 01/2011. – 32-35с.
7. Войтович А.В. Томография нефтегазовых объектов. Детальная геологическая разведка нефтегазовых геологоразведочных объектов

технологией межскважинной сейсмоакустической томографии / Войтович А.В. – Киев: Институт нефти УАН. Выпуск 9, 2009. – 26с.

8. Перепечкин М.В. Технология построения геологоразведочных моделей природных резервуаров углеводородов / Перепечкин М.В. – Москва: ООО «ГридПоинтДайнамикс», Центральная Геофизическая Экспедиция (ЦГЭ), 2016. – 383-388с.

9. Ананьев. Ю.С. Геоинформационные системы в геологических исследованиях. Труды XIII Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та., 2017. - 961-962с.

10. Геологическое моделирование в среде комплекса RockWorks: практикум / И.А. Никифоров; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2013. - 111 с.

11. Черноусов Я.М. Геология угольных месторождений. Киев, издательское объединение «Вища школа», 1977. – 176 с.