

Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

***ЛОМОНОСОВСКИЕ  
ЧТЕНИЯ***

***СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ***

***Подсекция  
«Геология, геохимия, геофизика  
и водные ресурсы Крыма»  
(межкафедральная)***

Руководитель – декан, профессор, чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.

Соруководители – доцент Романовская М.А.

СБОРНИК  
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва  
2024

## Содержание:

1. Строение и стратиграфия опорного разреза верхнего мела Юго-Западного Крыма  
Е.Ю. Барабоскин, А.Ю. Гужиков, Г.Н. Александрова, П.А. Прошина,  
И.П. Рябов, М.А. Устинова, Е.С. Авенирова, Н.А. Ртищев, В.А. Фомин,  
А.А. Гужикова . . . . . 2
2. Оценка ресурсов пресных подземных вод Крымского полуострова для  
удовлетворения существующей потребности систем централизованного  
водоснабжения  
А.А. Маслов, Е.А. Байдарико, Е.И. Барановская, С.А. Глухова,  
С.О. Гриневский, В.А. Лехов, А.Е. Преображенская, А.В. Расторгуев,  
В.Н. Самарцев, Я.В. Сорокоумова, А.В. Спиридонов, Е.А. Филимонова,  
Н.А. Харитонова, С.П. Поздняков . . . . . 7
3. Изучение зон развития карста методами электроразведки на Гераклейском  
полуострове, Юго-Западный Крым  
И.Н. Модин, А.А. Пелевин . . . . . 12
4. Новые данные о структуре альбских и верхнемеловых отложений на северном  
склоне горы Сель-Бухра  
И.В. Шалимов, М.Ю.Никитин . . . . . 14

# СТРОЕНИЕ И СТРАТИГРАФИЯ ОПОРНОГО РАЗРЕЗА ВЕРХНЕГО МЕЛА ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

Е.Ю.Барабашкин<sup>1,3</sup>, А.Ю.Гужиков<sup>2</sup>, Г.Н.Александрова<sup>3,1</sup>, П.А.Прошина<sup>3,1</sup>, И.П.Рябов<sup>2</sup>,  
М.А.Устинова<sup>3,1</sup>, Е.С.Авенирова<sup>1</sup>, Н.А.Ртищев<sup>1,3</sup>, В.А.Фомин<sup>2</sup>, А.А.Гужикова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Московский государственный университет, Москва*

<sup>2</sup>*Саратовский государственный университет, Саратов*

<sup>3</sup>*Геологический институт РАН, Москва*

Верхнемеловые разрезы Юго-Западного Крыма изучались и изучаются многими поколениями геологов. Вот лишь небольшой перечень основополагающих работ на эту тему: Dubois de Montrépeux (1843-1845); Stuckenbergh, 1873; Прендель, 1876; Weber, Malicheff, 1923; Михайлов, 1951; Келлер, 1951; Маслакова, 1959, 1977, 1978; Добров, Павлова, 1959; Найдин, 1953, 1964, 1965, 1975; Алексеев, 1989; Alekseev, Koraevich, 1997; Ёлкичев, Найдин, 1999 и многие, многие другие. Тем не менее общий уровень современной стратиграфии и задачи, стоящие перед ней, делают необходимым переизучение этих, казалось бы, хорошо изученных разрезов.

Целью проводимых работ является изучение стратиграфии и условий формирования верхнемеловых отложений ЮЗ Крыма, поиск аналогов лимитотипов (GSSP) и глобальных корреляционных уровней.

Основными задачами проводимых работ являются: 1) идентификация уровней GSSP, 2) определение диахронности, иногда значительной (порядка 1 млн. лет), палеонтологических видов-маркеров границ, 3) установление значительного эндемизма биот в разрезах соседних палеобиогеографических областей, приводящего к исчезновению видов-маркеров GSSP, 4) выявление скрытых перерывов вблизи уровней GSSP, 5) предложения по фиксации GSSP подъярусов мела.

Комплекс методов включал седиментологическое, палеонтологическое (ихнология, макрофоссилии (аммониты, белемниты, иноцерамы), микрофоссилии (наннопланктон, вентосные (БФ) и планктонные (ПФ) фораминиферы, палинология с упором на диноцисты), палео- и петромагнитное, а также хемотратиграфическое изучение (стабильные изотопы).

Основным методологическим приемом стало получение комплекса вышеперечисленных данных по системе «образец в образец» - т.е. когда одни и те же уровни и образцы исследуются различными специалистами и по ним получают интегрированные результаты.

К настоящему моменту изучено 18 наиболее полных разрезов в междуречье р.Бельбек и Бодрак, охватывающих весь верхнемеловой интервал, и несколько дополнительных разрезов за

рамками данного региона (рис. 1, 2). Полученные материалы уже позволяют детально, с точностью до десятков сантиметров, трассировать изохронные уровни сеноманских, туронских и сантон-маастрихтских отложений от Крыма до Поволжья.

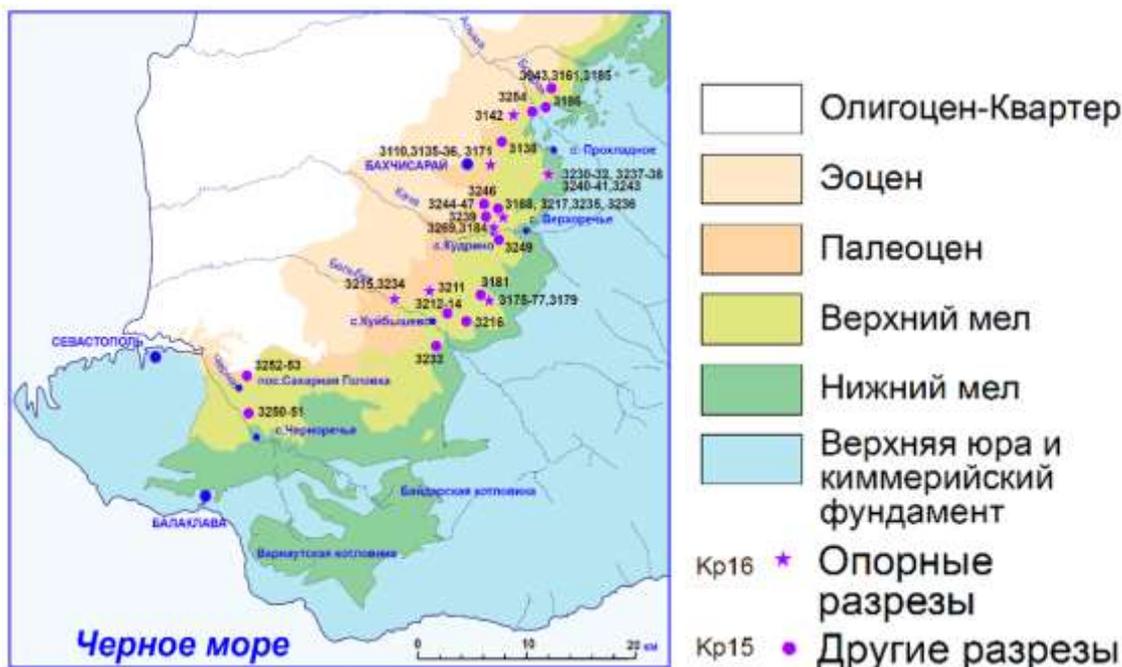


Рис. 1. Расположение основных изученных разрезов, показанных на рис. 2.

Ниже приведены в тезисной форме основные полученные на настоящий момент результаты (рис. 2).

### Сеноманский ярус

Для всего разреза обновлены и впервые получены биостратиграфические данные; впервые получены геохимические и палеомагнитные данные.

- Уровень GSSP отсутствует из-за стратиграфического перерыва.

- Доказано присутствие верхней части аммонитовой подзоны *Mantelliceras saxbii* зоны *M. Mantelli*.

- Установлено два крупных перерыва: (1) в основании сеномана перерыв отвечает подзоне *M. mantelli* и зоне UC1 наннопланктона; (2) в середине сеномана перерыв отвечает верхней части подзоны *M. dixoni* (?) и нижней части подзоны *Turrilites costatus* зоны *Acanthoceras rhotomagense* Общей шкалы (ОСШ); с ним сопряжено отсутствие следов изотопного события MCE-1 (Middle Cenomanian Event-1).

- Выявлены глобальные С-изотопные маркеры («события»): LCE-2 (Lower Cenomanian Event-2), Jukes-Brownei, которое может быть использовано в качестве маркера границы среднего

и верхнего сеномана; Монумент; СТВЕ (Cenomanian-Turonian Boundary Event), которое уже используется в качестве маркера границы сеномана и турона

- Разрез характеризуется доминирующей прямой полярностью, поэтому палеомагнитные глобальные маркеры не устанавливаются.

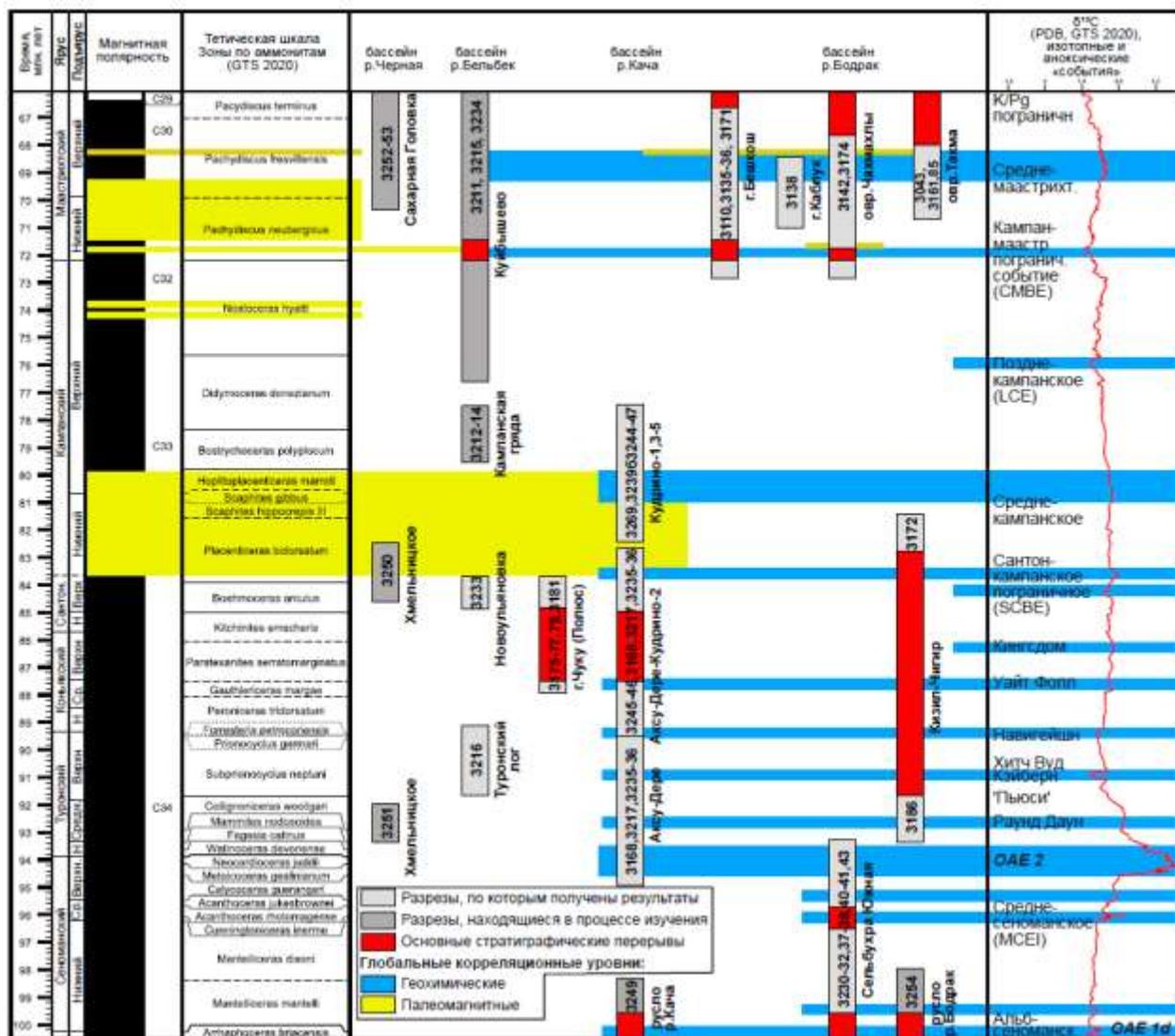


Рис. 2. Основные изученные разрезы, главные перерывы и глобальные корреляционные уровни.

### Туронский и коньякский ярусы

Для всего разреза обновлены и впервые получены биостратиграфические данные; впервые получены геохимические и палеомагнитные данные.

- Впервые для Юго-Западного Крыма обоснованы границы подъярусов при трехчленном разделении ярусов: (1) уровень GSSP турона обоснован по событию СТВЕ и по ПФ; (2) уровень GSSP коньяка обоснован по хемотратиграфическому событию Navigation Event и иноцерамам.

- Установлено отсутствие всего или большей части верхнеконьякского подъяруса.

- Выявлены глобальные С-изотопные маркеры («события»): СТВЕ (Cenomanian-Turonian Boundary Event), используемый в качестве маркера границы сеномана и турона; Holywell Event; ?Lulworth Event, которое может быть использовано в качестве маркера границы нижнего и среднего турона; Round Down Event, ?Low-woollgari Event; Caburn, которое может быть использовано в качестве маркера границы среднего и верхнего турона; Bridgewick Event, Hitch Wood Event; Navigation Event, уже используется в качестве маркера границы сеномана и турона; ?Light Point Event и ?White Fall Event.

- Разрез характеризуется доминирующей прямой и аномальной полярностью, глобальные палеомагнитные маркеры не устанавливаются.

### **Сантонский ярус**

Для разреза обновлены и впервые получены биостратиграфические данные; впервые получены геохимические и палеомагнитные данные.

- Уровень GSSP не выявлен из-за стратиграфического перерыва, причем не подтверждено присутствие нижнесантонского подъяруса.

- Интервал остается наименее изученным.

### **Кампанский ярус**

Для всего разреза обновлены и впервые получены биостратиграфические данные; впервые получены геохимические и палеомагнитные данные.

- Уровень GSSP кампана обоснован по палеомагнитному инверсионному уровню C34n/C33r, хеостратиграфическому событию SCBE, ПФ и наннопланктону.

- Предложено проведение границы нижнего и верхнего кампана по границе магнитных хронов C33r и C33n, в начале изотопного события  $\delta^{13}\text{C}$  MСaE.

- Остальные глобальные С-изотопные маркеры («события») также присутствуют, но они менее выразительны и пока хуже изучены.

### **Маастрихтский ярус**

Для всего разреза обновлены и впервые получены биостратиграфические данные; впервые получены геохимические и палеомагнитные данные.

- Уровень GSSP не выявлен из-за стратиграфического перерыва в пограничном интервале кампана и маастрихта. Перерыв наиболее хорошо устанавливается по отсутствию зон LC19, LC20 БФ и на основе комплексов диноцист.

- Только в разрезе Чахмаклы установлена зона обратной полярности, идентифицированная как хрон C31r, в основании которой находится этот перерыв.

- Возможно вблизи границы нижнего и верхнего маастрихта также присутствует перерыв, предполагаемый на основе наннопланктона.

- На границе мела и палеогена присутствуют хорошо известный перерыв, hiatus которого уменьшается в западном направлении. В бельбекском разрезе он минимален.

### **Выводы**

Только интеграция всех методов стратиграфии дает существенный эффект и повышает глобальной корреляции в т.ч. разнофациальных толщ. Для верхнего мела в интервале сеноман-сантон хроностратиграфический каркас может быть построен на данных стабильных изотопов. В интервале кампан-маастрихт к этому добавляется палеомагнитный метод.

Опыт наших работ позволяет наметить новый подход к фиксации лимитотипов по сравнению с существующим, приматом которого является биостратиграфический метод. Предлагается устанавливать границы не просто по выбранным ископаемым видам-маркерам, но следует выбирать эти маркеры на- или вблизи уровней событий, определяемых непалеонтологическими методами (границы магнитных хронов и изотопные события), по которым и проводить границы. В этом случае мы получим надежный каркас стратиграфической шкалы, позволяющий проводить глобальную корреляцию, не зависящую от фаций и условий осадконакопления. Несомненно, что при этом требуется сеть опорных разрезов, для которых проведена подобная процедура. Какой статус придавать новым границам, следует ли считать разработанную таким образом шкалу национальной или пытаться ее как-то адаптировать к международной, — это вопросы, которые нуждаются в дальнейшем широком обсуждении.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00091, <https://rscf.ru/project/22-17-00091/>.

# ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПОТРЕБНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А.А. Маслов, Е.А. Байдарико, Е.И. Барановская, С.А. Глухова, С.О. Гриневский,  
В.А. Лехов, А.Е. Преображенская, А.В. Расторгуев, В.Н. Самарцев, Я.В. Сорокоумова,  
А.В. Спиридонов, Е.А. Филимонова, Н.А. Харитонова, С.П. Поздняков

Источниками водоснабжения Республики Крым сегодня являются поверхностные воды водохранилищ и подземные воды, добываемые скважинами и каптажами.

Ранее более 80 % потребности региона в воде обеспечивалось за счет днепровской воды, поступающей по Северо-Крымскому каналу (СКК). Днепровская вода подавалась для орошения сельскохозяйственных культур, водоснабжения городов Симферополя, Керчи, Феодосии, Судака, Щёлкино и сельских населенных пунктов Ленинского района. После прекращения подачи воды по СКК в 2014 г. с украинской стороны на полуострове возникла проблема дефицита пресной воды, потребовавшая принятия неотложных мер по разработке новых схем обеспечения водой Республики Крым и города Севастополя.

Общий расход днепровской воды по СКК, который начал функционировать в 1963 г., составлял (по оценкам за период 1975-1991 гг.) около 2 097 млн. м<sup>3</sup>/год (5,7 млн. м<sup>3</sup>/сут). Запасы подземных вод, учтённые в настоящее время Государственным балансом запасов, составляют 1,185 млн. м<sup>3</sup>/сут [1]. Существенная доля этих запасов была оценена и учтена в ранее существовавшей водохозяйственной обстановке – в условиях фильтрационных потерь воды из СКК.

Существенной особенностью выполненной оценки ресурсов пресных подземных вод Крымского полуострова для удовлетворения существующей потребности систем централизованного водоснабжения является учёт принципиального изменения водохозяйственной обстановки с 2014 г. – перекрытие СКК, роль которого, в том числе, в формировании ресурсов подземных вод северной, центральной и восточной частей полуострова Крым на площади орошаемых земель порядка 300-400 тыс. га превалирующая, главным образом, за счет фильтрационных потерь воды из него, составляющих не менее 40-50% (по некоторым оценкам до 70%).

В условиях принципиального изменения водохозяйственной обстановки с 2014 г. общий отбор подземных вод практически монотонно увеличивался примерно с 200 тыс. м<sup>3</sup>/сут в 2015 г. до порядка 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут в 2021 г. Так, общий отбор подземных вод в 2021 году составил 487,812 тыс. м<sup>3</sup>/сут (в 2020 г. – 461,572 тыс. м<sup>3</sup>/сут), из них 370,586 тыс. м<sup>3</sup>/сут из утвержденных

запасов, т.е. более 117 тыс. м<sup>3</sup>/сут отобрано на участках недр с неутвержденными запасами подземных вод [1].

Согласно данным, содержащимся в «Информационном бюллетене о состоянии недр территории Южного федерального округа Российской Федерации за 2022 год» [1], негативное воздействие увеличения водоотбора, составившего в 2018 г. 332,692 тыс. м<sup>3</sup>/сут (в 2017 г. - 221,213 тыс. м<sup>3</sup>/сут), проявилось в увеличении содержания хлоридов (до 28 ПДК) и сульфатов в водоносном горизонте сармат-мэотис-понтических отложений в Красноперекопском районе.

Оценка ресурсов пресных подземных вод Крыма для удовлетворения существующей потребности систем централизованного водоснабжения выполнена в сложившейся к 2023 г. водохозяйственной обстановке при фактической эксплуатационной нагрузке на подземные воды и отсутствии подачи днепровской воды по СКК. Дополнительно при определении перспективной потребности систем централизованного водоснабжения в подземных водах за основу взят комплексный градостроительный документ - Единая схема водоснабжения и водоотведения Республики Крым, утверждённая в редакции постановления Совета министров Республики Крым от 15.11.2021 № 682.

Удовлетворение дефицита текущей и перспективной потребности систем централизованного водоснабжения в подземных водах предложено за счет части ресурсного потенциала подземных вод территории Республики Крым, оценка которой выполнена гидрогеодинамическим методом с использованием созданной региональной модели Крымского полуострова.

Все расчеты, в том числе оценка ресурсного потенциала пресных подземных вод Крымского полуострова, выполнены на созданной гидрогеодинамической модели Крымского полуострова, важнейшие характеристики которой состоят в следующем:

- Внешние границы модели проходят по естественным гидродинамическим границам потока подземных вод и оконтуривают в плане площадь всего полуострова и включают прибрежную область субкавальной разгрузки подземных вод в Черное и Азовское моря;
- Вертикальная гидродинамическая стратификация модели выполнена на основе разработанной трехмерной геологической модели полуострова для отражения основных пространственных характеристик региональных потоков подземных вод Крыма, а именно – его сложную планово-пространственную структуру в артезианских бассейнах и равнинного Крыма и его горного обрамления;
- В модели учтены все основные процессы взаимосвязи поверхностных и подземных вод полуострова, включая разгрузку подземных вод в основные естественные водотоки и водоемы и потери на фильтрацию из них, разгрузку подземных вод виде родников в областях сочленения горного обрамления и артезианских бассейнов, субкавальную разгрузку и интрузии морских вод

Черного и Азовского морей. При эвристическом моделировании дополнительно учтены фильтрационные потери из системы оросительных каналов и испарение подземных вод на оросительных массивах;

- Для задания планового распределения инфильтрационного питания на территории полуострова проведен специальный комплекс модельных исследований формирования инфильтрационного водообмена на различных ландшафтах полуострова, позволивший оценить суммарный объем питания и его площадное распределение, отражающее ландшафтно-климатические условия и высотную зональность. Предварительно выполнено районирование территории по условиям формирования инфильтрационного питания: ландшафт (лес, поле и т.д.), рельеф (экспозиция, крутизна и т.д.), тип почв, состав пород зоны аэрации. В результате получена типизация условий формирования инфильтрационного питания на территории Крымского полуострова, объединяющая 610 типовых районов формирования инфильтрации для 8 климатических зон;

- Для оценки влияния водозаборов на подземные воды в модели с наиболее возможной детальностью учтен эксплуатационный водоотбор по всей территории и по всем эксплуатируемым водоносным горизонтам;

- Для корректного учета влияния разномасштабных факторов на подземные воды в единой гидрогеодинамической модели применена современная технология моделирования, основанная на неструктурированной сетке, созданной при помощи метода дерева квадратов и позволяющая добиваться сгущения расчетной численной сетки вокруг элементов малого планового характерного размера, таких как водозаборная скважина, водоток и др.

Для доказательства адекватности модели проведена система калибрационных и верификационных расчетов, включающая полномасштабную калибрацию субмодели Альминского артезианского бассейна и его горного обрамления по данным об уровнях подземных вод и меженному стоку рек, и верификационному расчету на региональной модели только по данным об уровнях подземных вод. В результате верификационных расчетов оказалось, что стандартная ошибка результатов моделирования составляет около 3% от максимального перепада напоров в наблюдательных скважинах, использованных для верификации.

По результатам калибрационных и верификационных расчетов оказалось, что в современных условиях естественные ресурсы подземных вод, формирующиеся за счет инфильтрационного питания на территории полуострова составляют около 1090 тыс. м<sup>3</sup>/сут в сут, что меньше общей балансовой величины запасов подземных вод по всем категориям, составляющей 1185 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Такое соотношение ресурсов и запасов подземных вод противоречит концепции устойчивого водопользования. Для выяснения причин этого противоречия, учитывая то, что большая часть запасов подземных вод была оценена в период

функционирования оросительных систем, связанных с водоподачей по Северо-крымскому каналу (СКК), было выполнено эвристическое моделирование, в котором дополнительно к оцененному инфильтрационному питанию было задано ирригационное питание на орошаемых территориях, испарение грунтовых вод при близком их залегании и фильтрационные потери из СКК и системы магистральных каналов. Результаты расчетов подтвердили, что за счет дополнительных источников поступления воды суммарные ресурсы подземных вод на период действия СКК действительно превышали эксплуатационные запасы, таким образом оцененные на тот период эксплуатационные запасы существовали без формирования истощения подземных вод.

Определение ресурсного потенциала подземных вод при оцененных естественных ресурсах подземных вод, отвечающих современным условиям формирования питания, сложившемуся водоотбору, выявленным вододефицитным участкам и ограничениям, накладываемым гидрохимическими условиями основных эксплуатируемых водоносных горизонтов, проведено серией оптимизационных модельных расчетов на разработанной гидрогеодинамической модели, в результате которой получено, что дополнительно к фактически отбираемым сегодня 589,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут можно в рамках устойчивого водопользования – исключения формирования новых интрузий морских вод - отбирать еще дополнительно 106,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Таким образом, результаты проведенной оценки показывают, что «извлекаемая» часть ресурсного потенциала или прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод, с учётом сложившейся водохозяйственной обстановки, составляют около 64% естественных ресурсов пресных подземных вод, что, по-видимому, близко к верхней границе ресурсного потенциала Крымского полуострова при отсутствии переброски стока с материка через СКК. Очевидно, что использовать 100% ресурсного потенциала невозможно - требуется сохранение части естественного потока подземных вод, который обеспечивает динамическое равновесие подземных вод с морскими. При полной инверсии разгрузки естественного потока подземных вод в море неизбежно произойдет замещение подземных вод морской водой на существенной части береговой линии, что в дальнейшем будет угрожать интенсивным формированием интрузий морских вод. В существующих условиях эксплуатации подземных вод приток морской воды оценивается в 1,5% от общего водоотбора подземных вод. Скорее всего, за счет смешения с подземными водами такое соотношение не критично ухудшает качество отбираемой воды. Однако, любое дальнейшее увеличение водоотбора увеличивает привлечение воды из моря. Так, в предложенном сценарии максимального перспективного водоотбора (+106,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут) приток воды из моря составляет уже 3,5% от общего водоотбора подземных вод.

Увеличение отбора подземных вод выше 690-700 тыс. м<sup>3</sup>/сут, несмотря на обеспеченность такого отбора естественными ресурсами полуострова Крым, может привести к ряду

неблагоприятных экологических последствий, таких как сокращение меженного стока рек полуострова за счет сокращения разгрузки подземных вод в их верховьях и увеличения фильтрационных потерь в области влияния водозаборов в нижнем течении, увеличение минерализации отбираемой воды за счет морских интрузии в прибрежных частях на севере и юго-западе полуострова, увеличение минерализации воды водозаборов в степной части Крыма за счет подтягивания контуров засоленных вод. Поэтому любые оценки, связанные с расширением существующих или созданием новых водозаборов, должны выполняться с учетом полученных результатов и с использованием региональной модели.

Дальнейшее увеличение перспективного водоотбора (и, соответственно, повышение оценок ресурсного потенциала) слишком рискованно, и возможно только при выполнении частных исследований по всем угрожаяемым водозаборам с выполнением гидрохимического опробования эксплуатируемых водоносных горизонтов и с применением геомиграционного моделирования, в том числе, с учетом плотностной конвекции, что требует постановки дополнительных работ.

Оценка ресурсного потенциала подземных вод на территории Крымского полуострова как суммарной величины запасов и прогнозных ресурсов территории на определенный момент времени требует проведения переоценки запасов крупных водозаборов, в обосновании плана подсчета запасов которых не учтена фактически сложившаяся к 2023 г. водохозяйственная обстановка – прекращение подачи днепровской воды, поступающей по Северо-Крымскому каналу (СКК), обеспечивающей ранее 2014 г. более 80 % потребности региона в воде.

#### **Использованные источники**

1. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Южного федерального округа Российской Федерации за 2022 год. – Выпуск 18. – Ессентуки: ФГБУ «Гидроспецгеология», Южный региональный центр ГМСН. – 2023. – 327 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ЗОН РАЗВИТИЯ КАРСТА МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ НА ГЕРАКЛЕЙСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ, ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ

И.Н. Модин, А.А. Пелевин

В 2016 году на юго-восточной окраине г.Севастополь выполнены электротомографические исследования с целью поиска карстовых зон. Основная задача исследований на изучаемой территории заключалась в обнаружении зон с повышенной карстовой опасностью, а также в оценке физического состояния кровли несущих известняков. Электротомографические профили были расположены по системе параллельных профилей северо-западного направления. Кроме того, было отработано еще пять секущих профилей. Всего было отработано 6220 погонных метров профилей. Глубинность исследований составила около 40 м. Расстояние между профилями составляло от 25 до 50 м, что позволило построить карты трехмерного геоэлектрического разреза с горизонтальным разрешением около 10 м. По результатам полевых наблюдений была выполнена интерпретация полученных материалов, анализ геофизических данных, даны рекомендации по выполнению заверочного бурения.

Электротомография это современная методика, нацеленная на интерпретацию в рамках двумерных и трехмерных моделей среды [1]. Такая интерпретация проводится с применением программ двумерной инверсии. Автоматическая инверсия требует высокой плотности наблюдений и специальной методики съемки. Для полевых наблюдений по этой методике используется современная аппаратура, обеспечивающая необходимую скорость измерений [2].

ЭТ имеет следующие особенности: 1) многоэлектродная автоматическая съемка с линейным расположением питающих и приемных электродов; 2) одновременное использование разных электроразведочных установок; 3) специальное программное обеспечение, которое позволяет выполнять быстрый автоматический подбор 2D моделей разрезов, для которых теоретически рассчитывается электрическое поле, и это приводит к преобразованию наблюдаемых электрических полей в геоэлектрический разрез  $\rho(x, z)$  [3].

В *многоэлектродной* аппаратуре используется большой набор электродов, соединенных в одну электроразведочную косу, в которой каждый электрод используется как приемный и как питающий.

Электротомографическая съемка со станцией Омега-48 выполнена по системе из 21 профилей с максимальной длиной до 500 м с шагом 5 м. Использовалась двухсегментная коса с расстановкой 235 м. Переход с одной расстановки на другую проводился по технологии «Role-Along» с перекрытием на один сегмент. Переходные сопротивления на электродах составляли до 5 кОм, что обеспечило высокий уровень принимаемых полезных сигналов и соответственно

хорошую качество съемки. При измерениях использовалась симметричная установка  $A_{mn}B$  и дипольная установка  $AB_{mn}$ .

Фоновый геоэлектрический разрез на исследуемом участке имеет горизонтально-слоистое строение (описание сверху вниз): верхний неоднородный, электростратиграфический слой высокого сопротивления имеет мощность 2-4 м; второй слой мощностью около 10 м представлен глинистыми известняками сарматского яруса и имеет удельное сопротивление 100-150 Ом·м; третий слой плотных известняков мощностью около 35 м имеет сопротивление 200-500 Ом·м; четвертый электростратиграфический слой внизу на глубине около 50 м залегает с сопротивлением менее 100 Ом·м.

Были сформулированы признаки выделения карстовых зон: 1. отсутствие высокоомного слоя в верхней части разреза, когда верхняя часть разреза до глубин 15-20 м представлена проводящими породами 100 Ом·м; 2. проводящие зоны в третьем слое; 3. понижение кровли известняков на 5-10 м и уменьшение их сопротивления на глубинах порядка 30-40 м.

В южной части участка фиксируется зона с аномальным строением отложений, занимающая примерно 1/3 часть территории. На наш взгляд зона соответствует большому карстовому провалу, в результате которого произошел размыв верхней части разреза. Эта ситуация характерна для целой серии профилей. По результатам геофизических работ для заверки результатов было рекомендовано бурение скважин, которое было выполнено на глубину 16-20 м. Кроме этого, геофизические исследования выявили аномалии в разрезе на глубине более 40-50 м, что соответствует более глубокому карсту. Из четырех аномальных мест в трех скважинах были обнаружены карстовые пустоты.

#### **Использованные источники**

1. Бобачев А. А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации. Приборы и системы разведочной геофизики. 2006, N02, с. 14-17.
2. Электроразведка. Пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. По ред. проф. Хмелевского В.К., доц. И.Н. Модина и доц. А.Г. Яковлева. Москва, 2005. - 216 с.
3. Loke M.H., Barker R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method // Geophysical Prospecting, 1996, N44 (1), p. 131–152.

# НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРУКТУРЕ АЛЬБСКИХ И ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ГОРЫ СЕЛЬ-БУХРА

И.В. Шалимов *shalimov.i.v@gmail.com*

М.Ю. Никитин *nikgeo@rambler.ru*

Геологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Данная работа демонстрирует как неожиданно меняются наши представления о геологической структуре давно знакомого и хорошо изученного района при появлении сравнительно небольшой, но важной порции новой информации.

История детального изучения района Крымской геологической практики началась в далеких тридцатых годах. Многие поколения студентов геологов прошли здесь практику под руководством опытных педагогов. Постоянно пополнялась база знаний о строении этой территории.

Одним из аспектов изучения геологического строения является структурный анализ, основы которого осваиваются при построении тектонической карты района практики при написании геологического отчета. Карта традиционно составляется в легенде платформенных областей в силу преобладающего развития комплекса осадочного чехла. Структура отложений чехла иллюстрируется построением серии комплексов стратоизогипс по нескольким опорным горизонтам. Данный метод дает общее представление о закономерностях изменения структуры. Но, в силу ограниченного количества времени при написании отчета, как правило, не удается провести анализ структуры на погруженных участках, для которого необходимо построение большего количества горизонтов стратоизогипс и взаимный анализ изменения мощностей отложений по площади. Также, обычно, не учитываются данные бурения и геофизических исследований.

Данные работы иногда проводятся в рамках написания курсовых работ третьего курса для усвоения и закрепления полученных навыков. Методика структурного анализа и реконструкции палеоструктурных планов была предложена еще в 1999 году [2].

Первые попытки анализа погруженной структуры были предприняты в 2003 году. Были установлены возможные области распространения контуров нижнемеловых отложений под покровом верхнемеловых (рис. 1).

Два года спустя задачу усложнили. Добавили количество опорных горизонтов и данные буровых скважин, реальное положение которых на тот момент времени можно было установить более или менее точно. Одним из интересных результатов было установление наличия поперечной флексуры на северном склоне г. Сель-Бухра, и обоснование наличия разлома на

северном обрамлении мангушской котловины (рис. 1). Работа была впервые выполнена в геоинформационной системе ESRI ArcGIS, но пока что еще в относительной системе координат.



Рис. 1. Результаты анализа структуры меловых отложений. Слева 2003 г., справа 2005 г.

На сегодняшний день технические возможности для данных работ существенно расширились. В рамках обновления учебной топографической основы крымской практики создан современный ГИС-проект, включающий серию покрытий космоснимков разных годов, актуализированный ситуационный план, топографическую основу, скорректированную по полевым данным и материалам дистанционного зондирования.

Осенью 2023 года в нашем распоряжении оказалась новая чрезвычайно ценная информация. После шестидесятилетнего перерыва на территории практики была пробурена новая скважина. Скважина бурилась в рамках проектирования строительных работ непосредственно на территории Крымской учебно-научной базы. Результаты бурения были сразу же увязаны с имеющимися данными в ГИС-проекте.

В качестве опорного горизонта для анализа структурного плана была выбрана подошва сеноманских отложений, т.к. она вскрыта всеми пятью скважинами и надежно картируется в области непосредственного выхода на поверхность рельефа. Для анализа структуры в погруженной части был произведен пересчет мощностей по описанным разрезам [1] от подошвы отложений верхнего турона, слагающих бронирующую поверхность горы Сель-Бухра.

Анализируя конфигурацию стратоизогипс можно отметить следующее:

- Высотное положение стратоизогипс на бортах Пьяного оврага (традиционное неофициальное название оврага, идущего вниз от очистных сооружений базы) отличается от 20-

25 метров до 30-40, что отмечалось и ранее, и было интерпретировано как смыкающееся крыло флексуры. Северное крыло опущено.

- При этом простирание подошвы сеномана по скважинам МГУ-2, 6, 7 и выходам на поверхность под остановкой МГУ развернуто относительно общего простирания почти поперек (рис. 2), что тоже не противоречит положению смыкающегося крыла флексуры, но существенно усиливает ее размах.

- Но, учитывая такое простирание, расстояние между скважинами МГУ-6 и МГУ-7 по линии падения составляет 30 метров, а перепад высот 25 метров (рис. 2). Таким образом, это уже не флексура, а полноценное разрывное нарушение с амплитудой, превышающей 25 метров.

- 

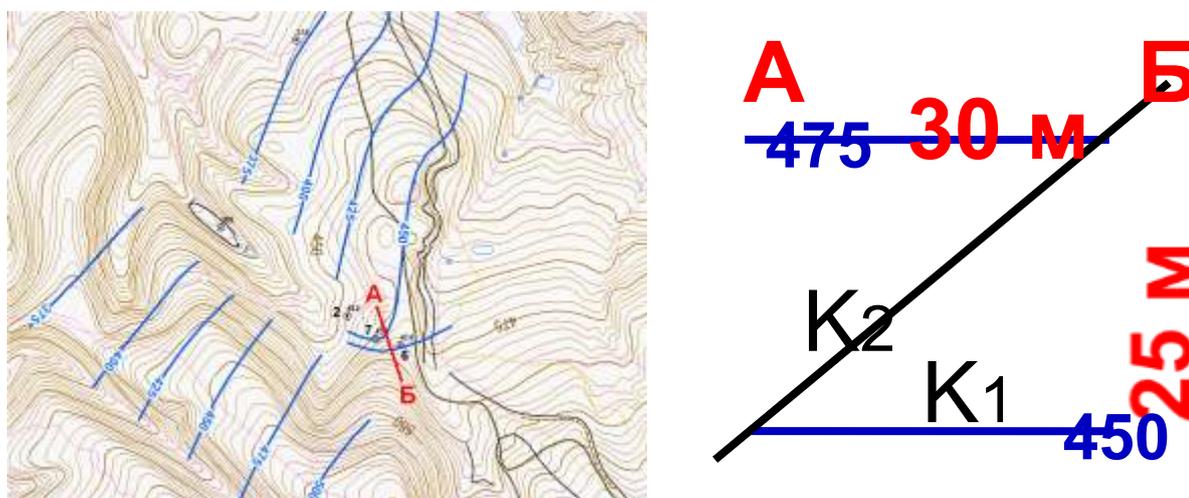


Рис. 2. Несоответствие высоты подошвы сеноманских отложений на северном склоне горы Сель-Бухра.

На сохранившихся аэрофотоснимках залета 1954 года на еще голом северном склоне Сель-Бухры отчетливо прослеживается серия глубоких линейных промоин, параллельных простиранию полученного разрыва, совпадающего с простиранием Пьяного оврага (рис. 3). Структурно-грамотная увязка положения подошвы сеномана между остановкой МГУ и бронирующей площадкой, по которой поднимается шоссе на Обсерваторию, также невозможна без наличия разрывного нарушения.

Интересна проблема продолжения разлома в западном и восточном направлении. На западе разлом, вероятно, постепенно вырождается во флексуру и затухает в толще меловых отложений. На востоке в овраге на южном склоне горы Присяжная наблюдается небольшое смещение хорошо идентифицируемого горизонта барремских цефалоподовых известняков,



Рис. 3. Серия линейных промоин на сев. склоне г Сель-Бухра. АФС 1954 г.

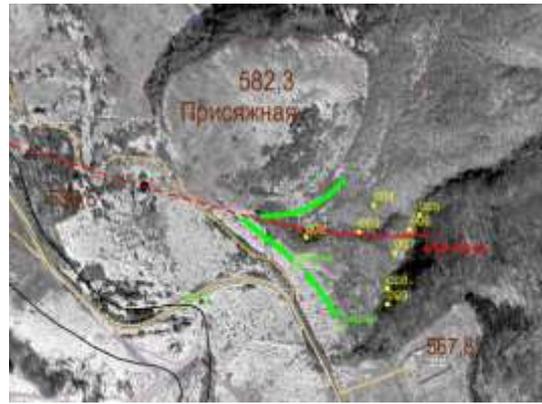


Рис. 4. Смещение подошвы валанжина и баррема. Полевые данные 2022 г.

а также подошвы валанжинских отложений (рис. 4). Простираение сместителя порядка 90-100 градусов, северный блок опущен. Амплитуда 10-12 метров.

Увязывая все перечисленные факты воедино можно предложить следующую структурную интерпретацию геологического строения данного участка (рис. 5).

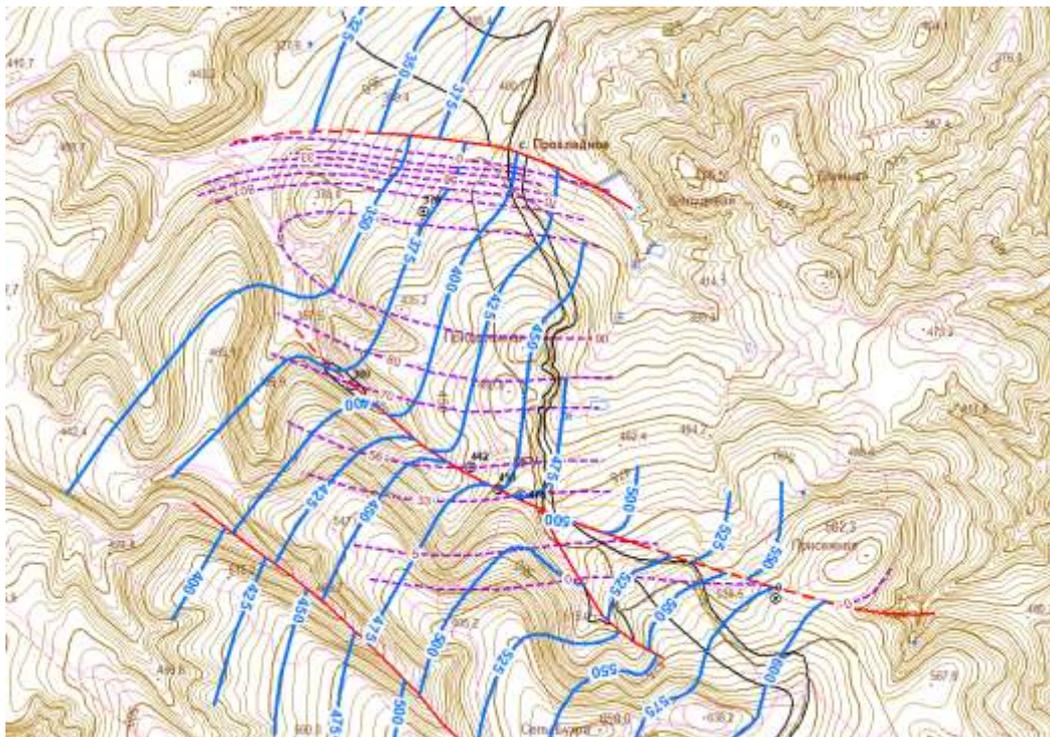


Рис. 5. Текущая интерпретация структуры меловых отложений на северном склоне г. Сель-Бухра.

Положение разрывных нарушений запад-северо-западного простираения в районе Прохладного и на северном склоне горы Сель-бухра контролируется наличием мангушской ингрессионной котловины и имеет с ней непосредственную связь. Над котловиной наблюдается просадка вышележащих отложений с амплитудой от 10-15 до 30-40 метров.

Обнаружение нового разрывного нарушения представляет интерес не только с научной, но и с практической точки зрения при проектировании строительных работ на территории Крымской учебно-научной базы. Расположенные как раз вдоль линии установленного разлома старые преподавательские домики постройки 1975 года регулярно трескались и медленно оползали вниз по склону (рис. 6). Зимой 2008-2009 гг. на их месте были построены новые. Уже летом 2009 года один из домов треснул и просел, потребовав срочного ремонта (рис. 7). У верхнего камерального павильона, расположенного на той же линии в полу и потолке огромные трещины. Каменное крыльцо треснуло и отвалилось более 10 лет назад. Сегодня заменено железной лестницей (рис. 8).



Рис. 6. Деформации домиков постройки 1975 года. Фото 2005 г.



Рис. 7. Деформации домиков постройки 2009 года. Фото 2005 г.



Рис. 8. Деформации верхнего камерального павильона. Фото 2005 г.

Анализ перспективного плана развития базы на 2024-2028 гг. показывает, что прямо на линии данного разрывного нарушения планируется постройка двух новых крупных жилых корпусов (рис. 9).

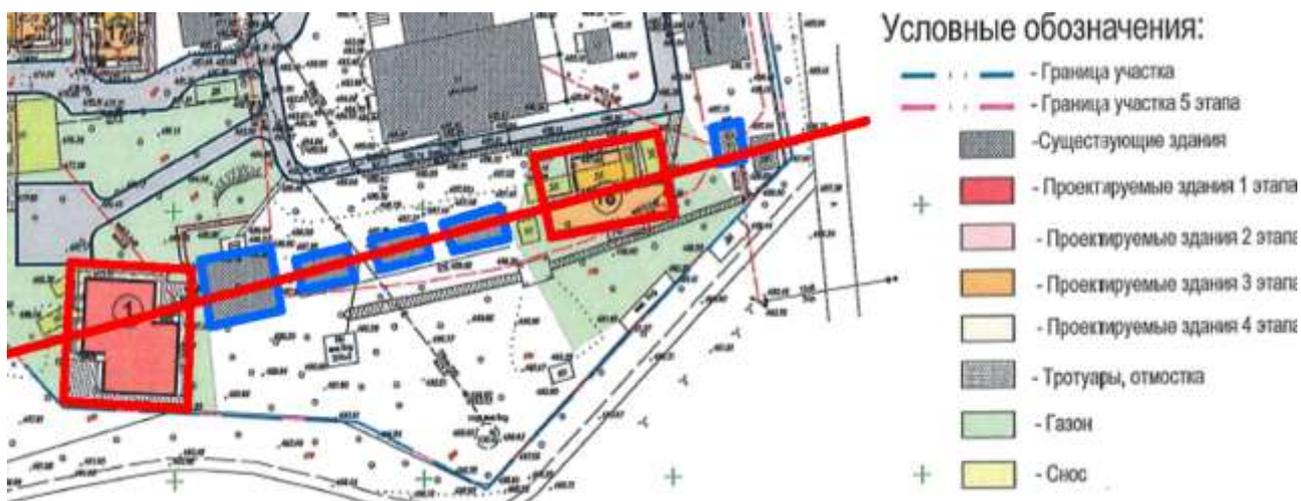


Рис. 9. Расположение построек в зоне разлома (синие – текущие постройки, красные проектируемые).

Учитывая все вышеперечисленные факты, считаем необходимым предупредить руководство базы и факультета о возможных геологических рисках при строительстве.

Также было бы интересно привлечь к изучению данной проблемы коллег геофизиков, ведущих геофизическую практику в рамках второй геологической. Комплексное изучение проблемы послужит хорошим примером в рамках учебного процесса.

#### **Использованные источники**

1. Никитин М. Ю., Болотов С. Н. Геологическое строение Крымского учебного полигона МГУ. Альбом рисунков по второй крымской геологической практике. Ч. 1: Учебное пособие - М.: Изд-во МГУ, 2006. -135с.
2. Шалимов И. В., Болотов С. Н. и др. Метод компьютерной реконструкции палеоструктурных планов. В кн. Геоисторический и геодинамический анализ осадочных бассейнов / А. М. Никишин, А. В. Ершов, Л. Ф. Копаевич и др. МПР РФ, ЦРГЦ, Геокарт Москва, 1999. -524 с.