

УДК 552.57;551.79;561

УГЛИ (ГАГАТЫ) В ОТЛОЖЕНИЯХ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ЧЕРНОМОРСКИХ ТЕРРАС ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА

© 2021 г. И. Е. Стукалова^{a, *}, Т. А. Садчикова^{a, **}, А. Л. Чепалыга^{b, ***},
С. В. Наугольных^{a, ****}, И. В. Латышева^{a, *****}

^aГеологический институт РАН, Пыжевский пер., 7, стр. 1, Москва, 119017 Россия

^bИнститут географии РАН, Старомонетный пер., 29, стр. 4, Москва, 119017 Россия

*e-mail: iestukalova@mail.ru

**e-mail: tamara-sadchikova@yandex.ru

***e-mail: tchepalyga@mail.ru

****e-mail: naugolnykh@rambler.ru

*****e-mail: irkalatysheva@gmail.com

Поступила в редакцию 30.10.2020 г.

После доработки 25.05.2021 г.

Принята к публикации 29.06.2021 г.

В отложениях V морской четвертичной (чаудинской) террасы окрестностей г. Судак присутствуют прослои, насыщенные линзами и обломками ископаемых углей, которые были детально изучены комплексом литологических, углепетрографических и палеоботанических методов. Результаты исследований показывают, что угли бурые, витринитового состава и могут быть отнесены к гагатам — разновидности гумусовых углей, образованных в основном из остатков араукариевых или близких к ним хвойных таксонов. По микроструктуре и составу растительных остатков они обнаруживают близкое сходство с углями цокольного слоя V террасы и, вероятно, были переотложены из отложенной копсельской свиты келловейского яруса средней юры.

Ключевые слова: Черноморские террасы, гагат, углепетрография, палеоботаника, араукариевые, седиментология, палеогеография, плейстоцен, средняя юра.

DOI: 10.31857/S0024497X21060070

Изучение условий формирования морских четвертичных террас Крыма имеет важное значение для понимания истории развития Черноморских бассейнов. Именно здесь, в Крыму, в окрестностях г. Судак и на Керченском полуострове были выделены и описаны стратотипические разрезы основных плейстоценовых горизонтов: чаудинского (мыс Чауда), древнеэвксинского и узунларского (оз. Узунлар); карангатского (мыс Карангат); новоэвксинского (донные осадки Черного моря) [Андрусов, 1912; Архангельский, Страхов, 1938; Федоров, 1978]. Здесь же были обнаружены и впервые описаны угленосные слои, при том, что ископаемые угли не характерны для четвертичных отложений Крыма. Присутствие углей в Юго-Восточном Крыму впервые отмечалось П.С. Палласом [1794], описавшим известняки в районе Судак (г. Алчак, балка Копсель), насыщенные остатками кораллов, в том числе мадрепорами и миллепорами, а также энтрохитами: “Подле подобной мадрепоры я нашел кусочек черного как бы окаменелого угля (курсив авт.) ... в известковой породе ...”.

Наиболее полная система древних черноморских террас выявлена вблизи г. Судак в Юго-Восточном Крыму (рис. 1), ей посвящен классический труд Н.И. Андрусова “Террасы Судак”

[1912]. По данным Н.И. Андрусова [1912], здесь присутствуют 4–5 террас, которые считались континентальными по происхождению, за исключением тирренской (карангатской), в отложениях которой присутствуют раковины морских моллюсков. Все террасы, по данным Н.И. Андрусова, характеризуются довольно однотипным строением, с явными признаками цикличности, образованной ритмичным чередованием грубообломочных и тонкозернистых осадков.

В начале XXI в. и в последние годы Судакская система террас была дополнена новыми террасовыми уровнями [Чепалыга, 2015, 2017] и представлена в качестве более полного, по сравнению с работой Н.И. Андрусова, Судакского типового террасового профиля, состоящего из 12 террасовых уровней (рис. 2) [Чепалыга, 2015]. Было показано, что осадки нижних I–VI террас Судакского профиля — неоплейстоценовые; по данным В.М. Трубикина и В.В. Семенова (измерения выполнены в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН) они характеризуются нормальной намагниченностью и возрастом не древнее 0.78 млн лет (см. рис. 2). Строение разреза нижних террас цикличное и, предположительно, отражает орбитальную цикличность, соответствующую изотопно-кислородным стадиям длительностью около 100 тыс. лет [Shackleton,

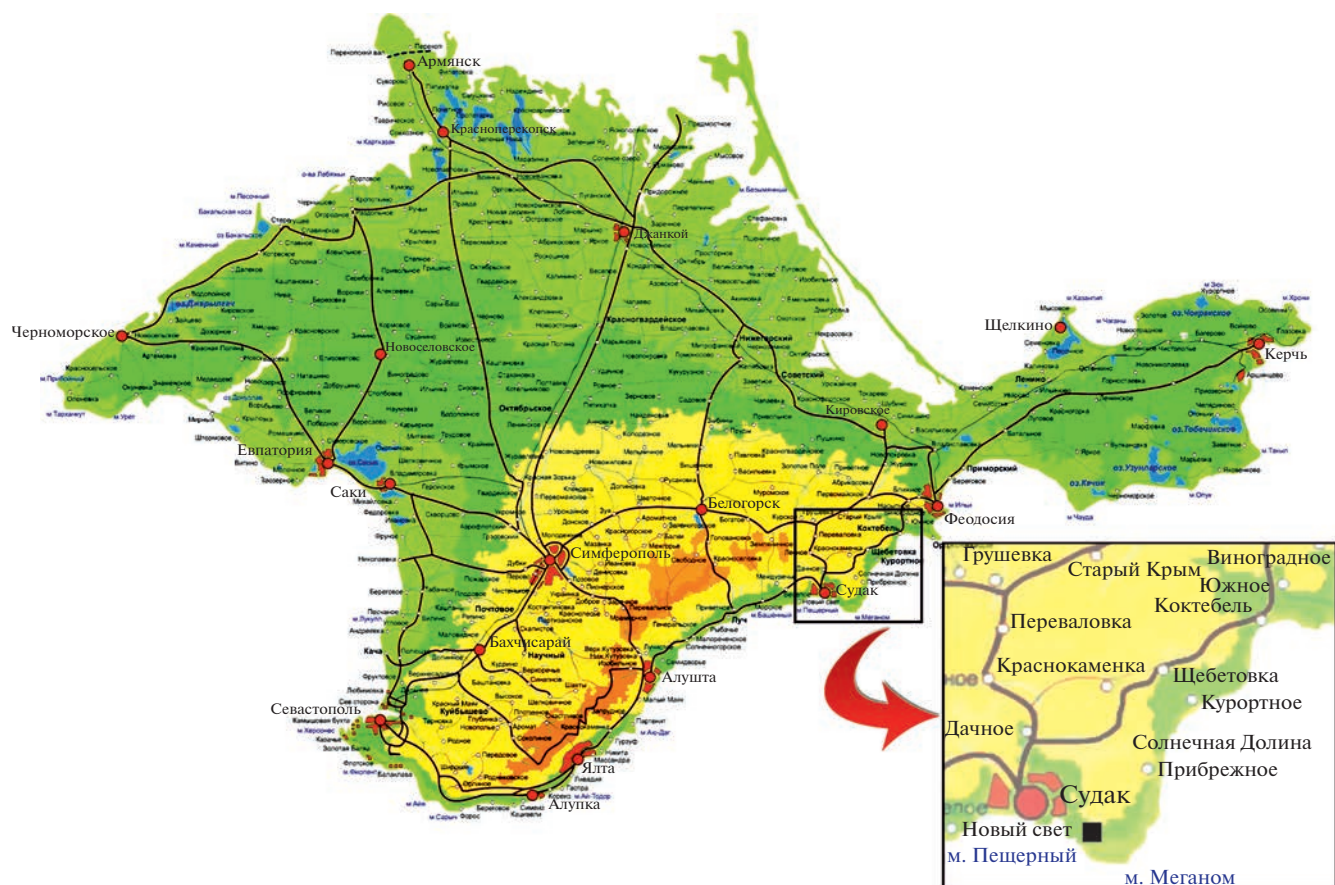


Рис. 1. Положение разреза изученных отложений на карте Крыма.

Opdyke, 1973; Hayes et al., 1976]. Наиболее высокие VII–XII террасы по возрасту являются эоплейстоценовыми, что определяется их палеомагнитной характеристикой – обратной намагниченностью эпохи Матуйяма (древнее 0.78 млн лет). Более детальная оценка возраста этих террас основана на абсолютном возрасте палеомагнитных событий, выявленных В.М. Трубихиным и В.В. Семеновым. Так, возраст VII террасы – древнее инверсии Матуйяма-Брюнес (0.8–0.9 млн лет), VIII террасы – 0.9–1.1 млн (по эпизоду Харамилло 0.99–1.07 млн лет) и, наконец, XII терраса, по эпизоду Олдувей (1.8–1.95 млн лет), может датироваться в пределах 1.8–2.0 млн лет [International ..., 2018].

Изученные отложения V террасы занимают центральное место в профиле. По положению в изученном разрезе и на основании сопоставления последовательности отложений Судакского профиля с разрезами стратотипов чаудинских (мыс Чауда), карангатских (мыс Карангат), узунларских слоев (озеро Узунлар), находящихся поблизости на Керченском полуострове и охарактеризованных богатой фауной моллюсков [Чепалыга, 2015], отложения V (Перчемской) террасы мы относим к Чаудинскому бассейну.

В настоящее время все четвертичные террасы вскрываются на ограниченном участке (длиной

2–3 км) на восточной окраине г. Судак, имеют прекрасную обнаженность и доступны для изучения в разрезах балки Копсель. Отложения террас (мощностью в первые десятки м на каждой террасе) в основном представлены чередованием двух основных фаций: грубообломочной валунно-галечно-гравийной, обычно относимой к морским пляжевым фациям, и тонкозернистой глинисто-алевритовой фацией мелководных лагун или морских заливов, однако, по нашему мнению, не все грубообломочные горизонты могут быть безоговорочно отнесены к пляжевым фациям.

При изучении разреза V террасы в толще прибрежно-морских алевритов в 2017 г. были впервые обнаружены А.Л. Чепалыгой линзы и прослои углесодержащих отложений. Вначале предполагалось, что это автохтонные угли паралического типа, характерные для лагунно-морских фаций. Однако в четвертичных отложениях Черноморского бассейна такие угли неизвестны [Тимофеев, Боголюбова, 1998]. Выяснение фациальной принадлежности и происхождения этих углесодержащих осадков важны для реконструкции всего спектра возможных обстановок, возникавших в зоне перехода море–континент на фоне частых трансгрессий и регрессий, и для понимания особенностей развития Черноморских бассейнов в плейсто-

Морские террасы Черного моря

Новая система террас, ревизованная и дополненная на основе схемы Н.И. Андрусова [1912].
Южный берег Крыма.

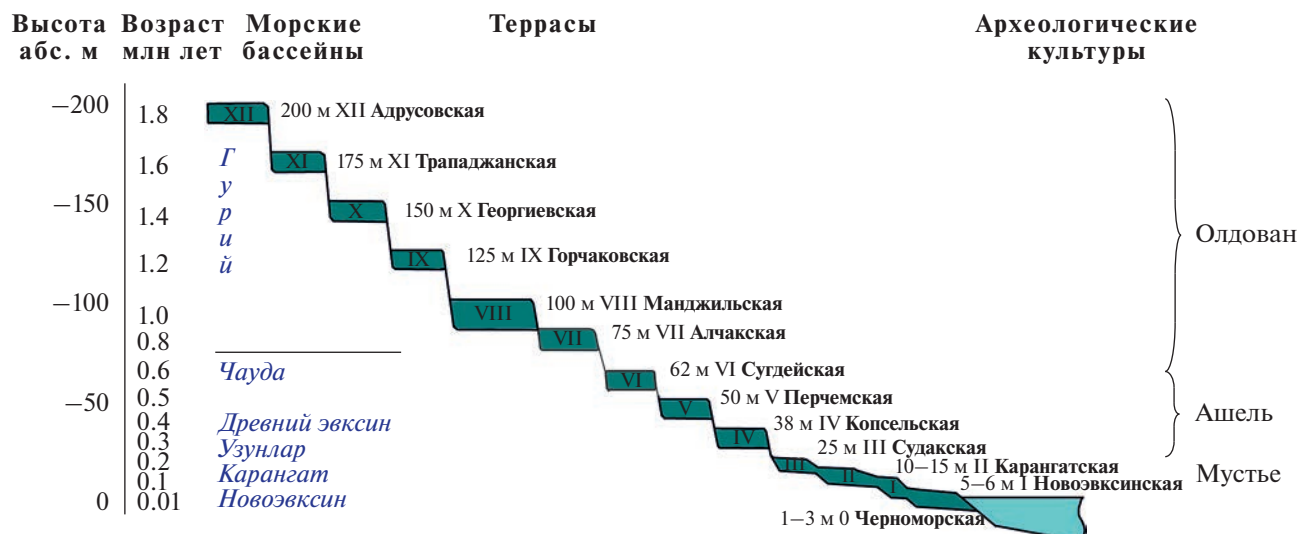


Рис. 2. Четвертичные морские террасы Судакского типового профиля, по [Чепалыга, 2015] (с уточнениями по палеомагнитным данным В.М. Трубихина и В.В. Семенова).

цене. Углесодержащие отложения V террасы были детально изучены литологическими, углепетрографическими и палеоботаническими методами.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являются отложения V Перчемской террасы высотой около 50 м, которая была выделена Н.И. Андрусовым [1912] и названа по горе Перчем (571 м) уг. Судака. Позднее в левом борту долины р. Копсели был установлен наиболее полный разрез и геоморфотип этой террасы (координаты точки 44°50'38.6" N, 35°0'44.5" E), предположительно, чаудинского возраста [Чепалыга, 2017]. Обнажение четвертичных отложений террасовой толщи, мощностью до 10–12 м, располагается выше тальвега балки Копсель в эрозионном цирке. Поверхность V террасы образует выровненную площадку размером 200 × 300 м. Аналогичная терраса (высотой 50–53 м), но с площадкой несколько большего размера прослеживается в 0.5 км ниже по долине балки Копсель, на ее правом берегу. Здесь, кроме V террасы, четко выражены площадки IV Копсельской террасы (высотой 38–40 м), а также VI Сугдейской (высотой 62 м) террасы. Расположение террас показано на рис. 3.

В разрезе V Перчемской террасы выделяются два слоя, содержащих угли – слой 5 в плейстоценовой части разреза и расположенный ниже слоя 6 – цокольный слой, относящийся к верхней подсвите копсельской свиты, большая часть которой имеет келловейский возраст средней юры (163.5–166.1 млн лет) [International ..., 2018], что установлено по находкам морских беспозво-

ночных, в частности, аммонитов *Sigaloceras calloviense* (Orb.), *Reineckia anceps* (Rein.), *Erymnoceras coronatum* (Vouq.) [Тесленко, Яновская, 1990].

Было выполнено макроскопическое и микроскопическое (углепетрографическое) изучение образцов углей, отобранных из этих двух слоев, в первую очередь, для определения группы (гумусовой или сапропелевой), определяющей фациальные условия их накопления, а следовательно, и палеогеографическую обстановку их образования.

С помощью поляризационного микроскопа были изучены двусторонне-полированные шлифы, приготовленные по специальной методике [Штах и др., 1978], без покровных стекол и более тонкие, по сравнению со стандартными петрографическими шлифами, что позволяет выяснить структурные особенности растительных тканей при увеличениях 100[×]–200[×]. Для выяснения ботанических особенностей углефицированных остатков растительности и оценки ее возраста были проведены палеоботанические исследования угленосных отложений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Строение разреза V Перчемской террасы

Разрез V Перчемской (чаудинской) террасы расположен примерно в 1.5 км от современной береговой линии на левом борту балки Копсель (при описании разреза нумерация слоев приводится сверху вниз, такой порядок описания принят в четвертичной геологии).

Строение разреза V террасы представлено на рис. 4 и 5.

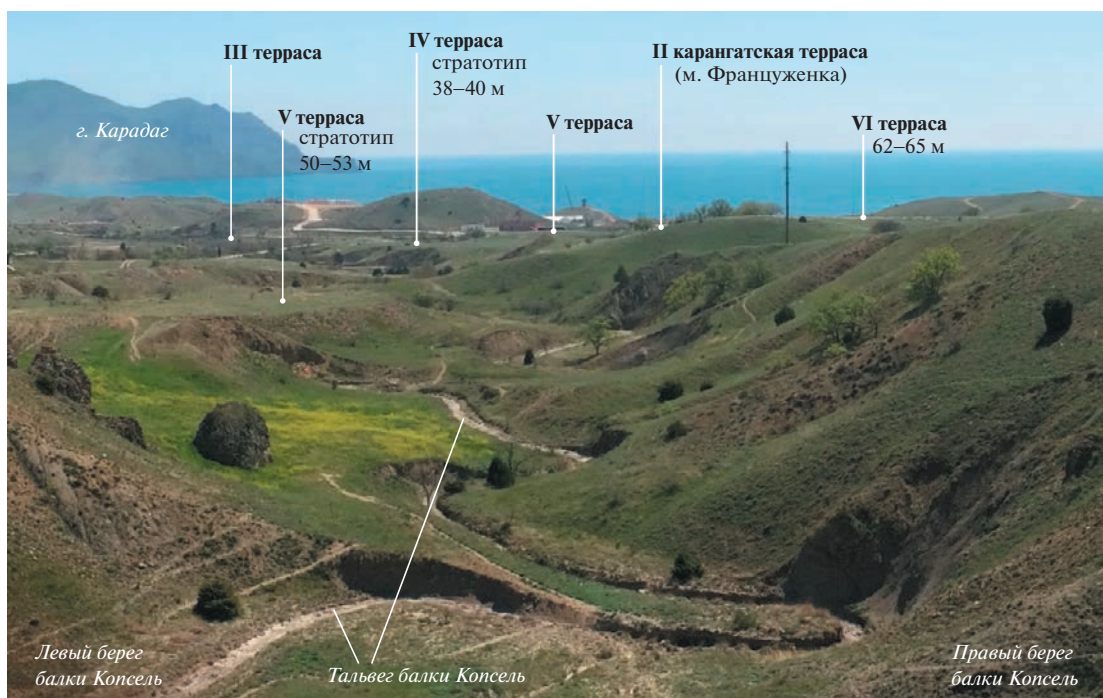


Рис. 3. Долина балки Копсель и расположение площадок II–VI морских террас.

В верхней части разреза (**слой 1**) обнажается пачка переслаивания гравийно-галечных и алевритовых отложений, общей мощностью более 3.0 м. Горизонты гравия и гальки рыхлые, маломощные (0.3–0.5 м), представлены разноокатанными, плохо сортированными обломками кварца, песчаников, известняков, вулканических пород (размер обломков от 0.5 до нескольких см, встречаются отдельные валуны более 10.0 см), слабо сцементированными глинисто-алевритовым цементом. Прослеживается 3 таких гравийно-галечных горизонта, залегающих по неровной границе (с размывом и “карманами”) на прослоях алевритов и тонкозернистых глинистых песков серого цвета, плотных, горизонтальнослоистых, с отдельными включениями гальки и гравия того же состава. Подошва слоя отмечена на глубине 3.3 м.

Ниже (**слой 2**) обнажаются глинистые алевриты и тонкозернистые глинистые пески темно-серые, плотные, тонкогоризонтальнослоистые, известковистые, с карбонатно-глинистым цементом и белесыми пятнами на поверхности, представляющими собой, вероятно, следы выпаривания солей минералов сезонных донных отложений морской лагуны. Отмечены единичные маломощные (до нескольких см) линзы и прослойки щебня песчаников и алевролитов. Мощность слоя – около 2.7 м.

Далее вниз по разрезу (**слой 3**) – валунно-галечный горизонт, образованный несортированными мелкими валунами (10–15 см) и уплощенной галькой кварца, изверженных пород, юрских песчаников и известняков, промытый, сыпучий (без примеси глинистого цемента), с неясно выраженной горизонтальной слоистостью. Нижняя

граница – резкая, неровная, с признаками размыва. Мощность слоя – 0.5 м.

Валунно-галечный горизонт залегает с размывом на серых глинистых алевритах **слоя 4**, плотных, массивных, с неотчетливо выраженной тонкой горизонтальной слоистостью, с редкими включениями гальки юрских пород, обломками органических известняков, мелкими углистыми частицами (до 0.3 см). Это так называемые “надугольные” алевриты. Мощность слоя – 1.5 м.

Слой 5 (угленасыщенный пласт) представлен тонкозернистыми алевритами желтовато-серой окраски, с гнездами и присыпками мелко- и среднезернистого песка, количество которого значительно увеличивается к кровле слоя; с прослойками галечника и линзами угля. В составе песка и галечника преобладают кварц и плагиоклаз, последний сильно измененный, выветрелый; песчаные зерна неокатанные и слабо окатанные. Встречены неопределимые обломки карбонатных раковин, предположительно, моллюсков. Цементирующая глинистая масса породы буквально пропитана углистым веществом (в шлифе под микроскопом наблюдаются мельчайшие детритные частицы угля), помимо этого встречаются и более крупные фрагменты углей (от первых до нескольких см), вплоть до образования линзовидных обособлений (длиной до нескольких десятков см) углистого лигнитоподобного вещества. Скопления мелких фрагментов угля иногда образуют клиновидные “карманы” в глинисто-алевритовой массе осадка (см. рис. 4). В составе глинистых минералов преобладают слюда и хлорит, в меньшем количестве присутствует смешанослойный слюда–сметит



Рис. 4. Разрез V Перчемской террасы. На врезке — скопления линз и мелких фрагментов углей в слое 5, образующих “карманы” в глинистые алевриты.

(с содержанием слюдяных слоев до 70–80%) и каолинит (определение методом рентгеновской дифрактометрии). Мощность слоя — 0.6 м.

Залегающий ниже **слой 6** (подугольный) представлен переслаиванием светлых желтовато-серых глинистых алевритов и алевропесчаников (преимущественно кварцевого состава), с неопределимым раковинным детритом, обилием углистых включений: тонкорассеянного углистого вещества в основной массе, а также более крупных частиц удлиненной формы (0.3–0.5 см). Повсеместно встречаются бурые пятна оксидов железа, глинистые окатыши, образованные, вероятно, в результате размыва глинистых сланцев отложений средней юры, залегающих в цоколе. Песчаные зерна кварца разной степени окатанности: хорошо окатанные, слабо сглаженные и совсем неокатанные остроугольные обломки. В породе прослеживается тонкая горизонтальная слоистость, которая при наблюдении в шлифах подчеркивается односторонним расположением удлиненных минеральных частиц. В составе глинистых минералов преобладают слюда и хлорит, в меньшем количестве присутствуют смешанослойный слюда–сметит (с содержанием слюдяных слоев до 70–80%) и каолинит (определение методом рентгеновской дифрактометрии). Контакт подугольного слоя с вышележащими породами угленасыщенного пла-

ста постепенный. Видимая мощность слоя — 1.4 м, ниже разрез скрыт задернованным оползнем, прослеживающимся до тальвега балки Копсель.

Мощность задернованного участка склона — до 2.0–2.5 м.

Результаты гранулометрического анализа, представленные на рис. 5, иллюстрируют приведенную выше литологическую характеристику отложений. Так, на графике видно, что породы нижней части разреза наиболее тонкозернистые, однородные, почти полностью состоящие из алевритовой фракции (от 0.1 до 0.01 мм), с незначительной примесью мелкозернистого песка (от 0 до 10%) и глины (до 5.0%). В средней части разреза песчаность возрастает (более 10%), соответственно снижается количество глины и тонкого алеврита, здесь же встречаются линзы гравийно-галечного материала. В верхней части разреза песчаные алевриты (содержание песка 10% и более) чередуются с горизонтами гравелисто-галечников.

Ниже по течению реки с другой стороны меандра балки Копсель и до ее тальвега в цоколе террасовых отложений вскрываются коренные породы средней юры. Здесь обнажаются серые песчаники, залегающие с резким угловым несогласием (с наклоном более 30°), содержащие прослой черного угля типа гагата, мощностью до 15–20 см (рис. 6). Уголь перекрывается ржаво-коричневыми желез-

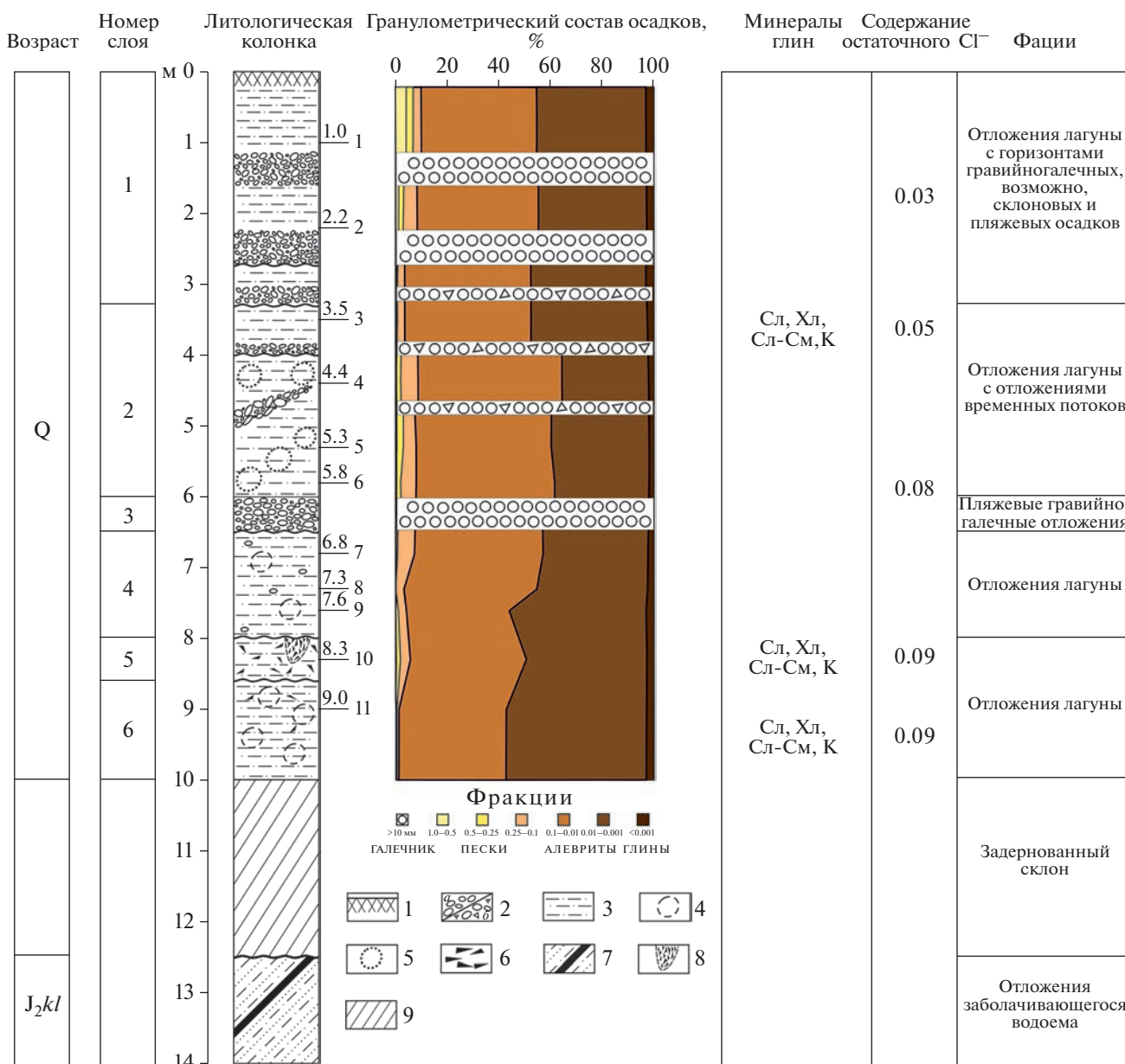


Рис. 5. Строение и состав пород разреза V Перчемской террасы (литология, гранулометрия, глинистые минералы, содержание остаточного СГ).

1 – почвенный покров; 2 – галька и валуны (а) и галька с гравием и щебнем (б); 3 – глинистые алевроиты; 4 – глинистые окатыши; 5 – известковые пятна на поверхности; 6 – фрагменты углей; 7 – песчаники средней юры (келловей) с прослоем углей; 8 – “карманы”, образованные скоплениями мелких фрагментов углей, в глинистых алевроитах; 9 – задернованный склон.

Глинистые минералы: Сл – слюда, Хл – хлорит, Сл-См – смешанослойный слюда-сметит, К – каолинит.

ненными (сидеритовыми) песчаниками (0.2 м), подстилается серыми песчаниками (0.3 м).

Литолого-фашиальная характеристика отложений V Перчемской террасы

Изученная часть разреза V плейстоценовой террасы характеризует смену алевроитовых осадков, ха-

рактерных для условий изолированной (или полуизолированной) лагуны (слои 4–6), прибрежно-мелководными, пляжевыми галечниками (слой 3), в свою очередь сменяющимися алевроитовыми осадками лагунной седиментации с отдельными редкими линзами и прослоями галечников-гравелитов (слой 2), представляющими отложения временных потоков. Завершается разрез толщей переслаивания



Рис. 6. Угольный прослой в среднеюрских отложениях (копсельская свита, келловейский ярус), ширина совка 20 см.

алевритов и гравелитов-галечников (слой 1), представляющих собой отложения лагуны с прослоями оползневых склоновых и пляжевых осадков.

Таким образом, не все представленные в разрезе грубообломочные слои могут быть отнесены к пляжевым фациям. Часть из них представлена относительно более тонкими, иногда прерывисто-линзовидными прослоями, залегающими внутри глинистых алевритов и содержащими не только хорошо окатанные, но и, в значительном количестве, угловатые щелочистые обломки. Эти слои мы относим к отложениям временных водотоков.

Глинистые минералы алевритовых осадков, представленные в основном слюдой, с примесью хлорита, каолинита и смешанослойного минерала слюда–сметит, аналогичны глинистым минералам современных осадков северной и северо-западной части акватории Черного моря, поступающим преимущественно с аллювием рек гумидной зоны Европейской равнины, главными из которых являются Дунай, Днепр, Днестр [Ратеев и др., 2001]. По всей вероятности, области сноса и в плейстоцене были такими же.

Состав минеральной ассоциации, а также облик минералов глин, исследованный в петрографических шлифах, не несут следов вторичных преобразований (обесцвечивания, размытости контуров, нарушений микроструктуры и др.), что позволяет исключить существенные постседиментационные преобразования осадков. Это дает возможность использовать глины для определения остаточного иона хлора как индикатора солености бассейна.

Соленость вод бассейна реконструирована по содержанию остаточного иона Cl^- в изученных осадках. Известно, что содержание главных компонентов морской воды (Na, Mg, Ca, K, Cl, S и ряда др.) значительно превышает их содержание в пресной, и поровые воды способны длительное время сохранять этот состав, на основании чего разработаны методики определения генезиса морских отложений. Хлор использовался нами как достаточно надежный индикатор, уже опробованный ранее. В ряде публикаций [Ренгартен, 1974; Садчикова, 1981] отмечалось, что содержание остаточного иона Cl^- , начиная от 0.18% и более, соответствует, как правило, соленым бассейнам (в частности, отложениям понтического морского бассейна, подтвержденным присутствием морской фауны [Садчикова, 1981]). В осадках пресных водоемов этот параметр обычно не превышает 0.02%. Наличие остаточного Cl в количестве 0.09% в изучаемых отложениях V террасы свидетельствует о значительном опреснении водоема, представлявшего собой, вероятно, изолированную или полуизолированную лагуну, без свободного доступа соленых морских вод. В этой лагуне (а не в морском бассейне) и происходило отложение углесодержащих осадков.

Углесодержащие отложения V Перчемской террасы

Угленосные отложения не являются типичными для плейстоценовых террас Судакского профиля и ранее не были установлены ни в одном из разрезов, поэтому выяснению их генезиса уделе-

но особое внимание. Было высказано два предположения: 1) об их накоплении в условиях лагуны; 2) переотложения фрагментов углей из более древних отложений. Для выяснения происхождения углей в плейстоценовых отложениях террас, углесодержащие отложения из разных частей изученного разреза V Перчемской террасы были детально исследованы в сравнительном аспекте.

Углесодержащие четвертичные отложения

Образцы пород слоя 5 разреза V террасы представлены слабосцементированным, сыпучим песчано-алевритовым материалом, разламывающимся на куски размером $10 \times 10 \times 15$ см с включениями неправильной формы бурого гумусового угля витринитового состава, с характерным смолянистым блеском и трещиноватостью во взаимно перпендикулярных направлениях. Иногда уже при макроскопических наблюдениях устанавливается лигнитовая древесная структура. Трещины толщиной 1–2 мм “залечены” мелкозернистым глинисто-карбонатным материалом. Во фрагментах угля развита призматическая отдельность, заметно выкрашивание мелких кусочков угля (лигнита) по трещинам и отдельности, следы которого хорошо видны на микрофотографиях шлифов в проходящем свете, в параллельных и скрещенных николях (рис. 7). Цвет черты угля бурый. Все эти признаки подтверждают, что данные образцы действительно представлены бурым гумусовым углем, по степени преобразования соответствующим стадии диагенеза и принадлежащим технологическим группам (маркам) 1Б–2Б [Авгушевич и др., 2008].

Таким образом, слой 5 содержит переотложенный материал, который, вероятно, был перенесен с места своего первоначального образования в виде крупных кусков углистой породы, что устанавливается по их положению внутри слоя, не согласующемуся с общим характером напластования. В настоящее время куски сцементированы карбонатным материалом, что наблюдается в отдельных фрагментах изученных образцов в виде пропитки по трещинам отдельности во взаимно перпендикулярных направлениях и в виде инкрустаций, т.е. заполнения клеточных полостей остатков древесной растительной ткани кальцием (см. рис. 7а–г).

Цементация скорее всего происходила в месте первоначального образования при захоронении осадков, обогащенных остатками растительности, или, возможно, на более поздних стадиях постседиментационных преобразований при пропитывании гидротермальными карбонатными растворами. При петрографических наблюдениях в поляризованном проходящем свете видно отчетливое клеточное строение растительной ткани, которая на краях шлифов имеет коричневую и красно-коричневую окраску. Наблюдаются срезы растительной ткани в разных направлениях, поэтому клеточные полости бывают и изометричной, и вытянутой формы (см. рис. 7а, б). Полости становятся еще более отчетливыми в тех местах, где карбонаты пропитывают ор-

ганическое вещество и тем самым сохраняют форму клеток от дальнейшего разложения и уплотнения в процессе диагенеза (см. рис. 7в, г). Та часть растительного органического вещества, которая не подвергается пропитке карбонатными растворами, преобразуется, уплотняется, часто теряет клеточное строение, превращаясь в гелефицированную аморфную массу, а затем в бесструктурный витринит, заполняющий межклеточные пространства, что приводит к повышению степени однородности органического вещества. В шлифах такое вещество выглядит темным, часто непрозрачным (см. рис. 7д, е).

Юрские угли из цоколя террасы

Образцы из нижнего цокольного слоя представлены гумусовым углем черного цвета, цвет черты темно-коричневый, уголь очень легкий, матовый, однородный; текстура массивная, без слоистости; излом раковистый. В некоторых кусочках наблюдается смолистый блеск. Часто на изломе отмечаются примазки и присыпки карбонатов белого и желтого цвета, иногда ожелезненных.

При исследовании шлифов в проходящем свете видно, что уголь состоит из крупных фрагментов структурного витринита и гелефицированной основной массы. Структурный витринит красно-коричневого цвета, с сохранившимися проводящими каналами растительной ткани, более темными, чем основная масса (рис. 8б–е). Клеточные полости имеют срезы в разных направлениях. Эти остатки принадлежат древесным растениям.

Гелефицированное вещество красно-коричневого цвета, полуразложенное, иногда в нем наблюдаются сохранившиеся годовые кольца древесины (см. рис. 8б, в). Наблюдаются линзовидные прослойки кальцита, которые пропитывают растительную ткань и консервируют клетки, сохраняя их форму (см. рис. 8а).

В отдельных фрагментах образцов юрского угля из цокольного слоя наблюдается сохранившееся клеточное строение растительных тканей с заполнением карбонатным веществом клеточных полостей. Эта специфическая минерально-органическая структура очень близко напоминает установленную в строении углей слоя 5 четвертичных отложений. Это сходство позволяет предположить, что именно юрские угли были впоследствии переотложены на четвертичных морских террасах.

Сравнительная характеристика углей из четвертичных и юрских отложений

В нескольких образцах угля, отобранных из слоя 5 отложений плейстоценовой террасы разреза Копсель и из цоколя террасы, были обнаружены довольно крупные (5–10 см) остатки минерализованной древесины, которые были детально изучены в оптическом микроскопе (рис. 9).

Древесина пикноксилитическая, с хорошо развитой вторичной ксилемой, состоящей из трахеид, несущих однорядные и двурядные окаймленные

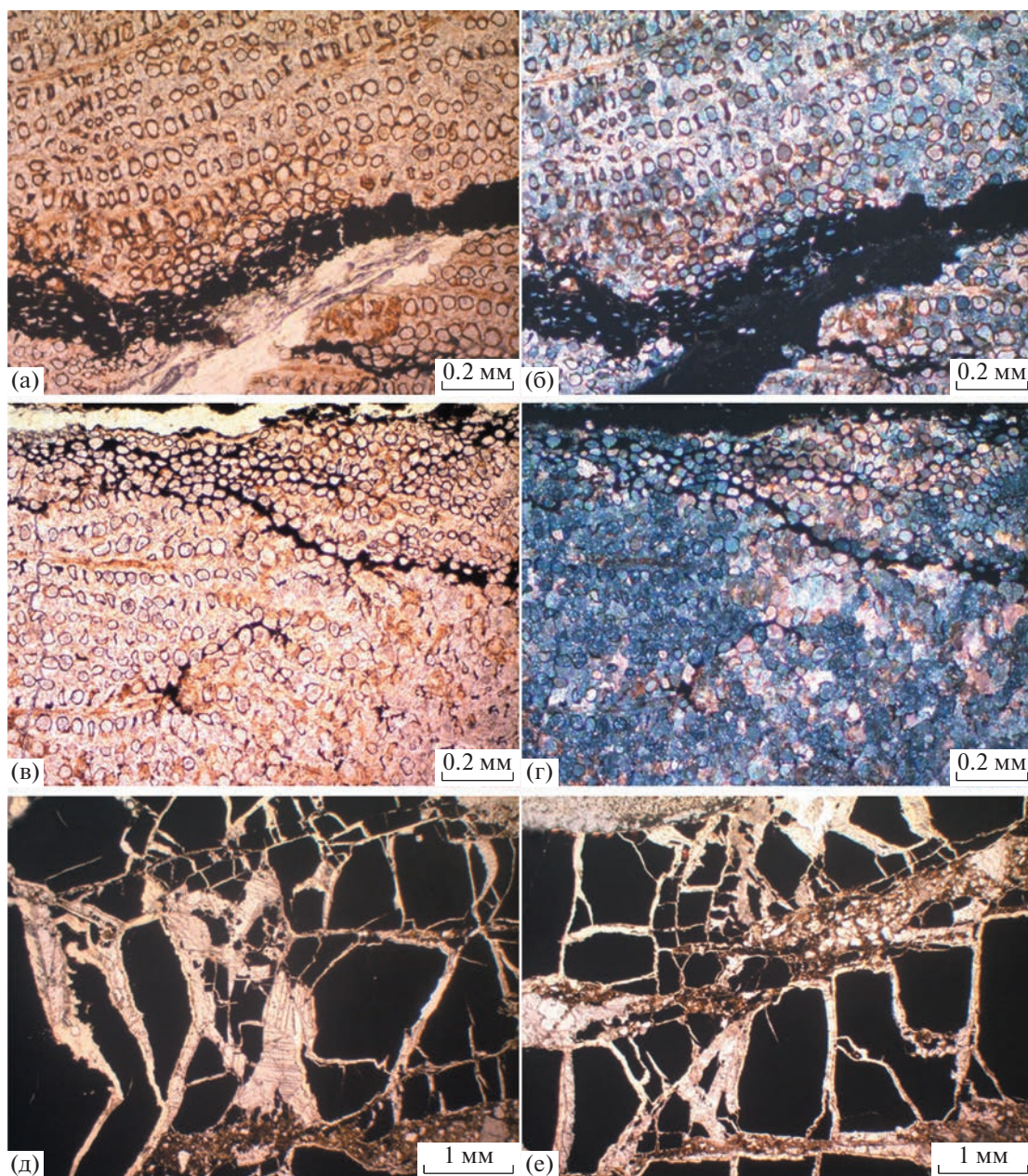


Рис. 7. Уголь из четвертичных отложений обнажения Копсель (слой 5). Проходящий свет, увел. $100\times$ – $200\times$. а – брекчированный уголь. Минерализованный кальцитом фрагмент древесной растительной ткани хорошей сохранности, с отчетливым клеточным строением, дающий возможность определить предполагаемую группу растений – араукариевых; б – то же, проходящий свет, николи скрещены; в – минерализованная древесина, изометричные клетки, полностью замещенные кальцитом. Проходящий свет, николи параллельны; г – то же, николи скрещены; д, е – брекчированный уголь, темный, непрозрачный. Фрагмент куска угля таблитчатой формы, разбитый трещинами, которые заполнены глинисто-карбонатным, а иногда карбонатным веществом.

поры. Стенки трахеид относительно толстые. Присутствует умеренно развитая паренхимная ткань. Окаймленные поры изометричных округлых или овоидных очертаний. Поры овоидных очертаний обычно ориентированы своей длинной осью поперек длины трахеиды. Поры, расположенные в два ряда, обычно находятся на небольшом (не превышающем диаметр поры) расстоянии друг от друга (см. рис. 9б–г), но встречаются поры, практически

примыкающие друг к другу (см. рис. 9а). Очертания окаймленных пор в таких случаях меняются от округло-овальных до полигональных (четырёх-угольно-ромбических). Крассулы отсутствуют.

Ископаемая древесина, охарактеризованная выше, обнаруживает много общего с древесиной хвойных рода *Araucarioxylon*, широко встречающихся в мезозойских отложениях практически по всему миру [Вахрамеев, 1988]. Так, например, характер по-

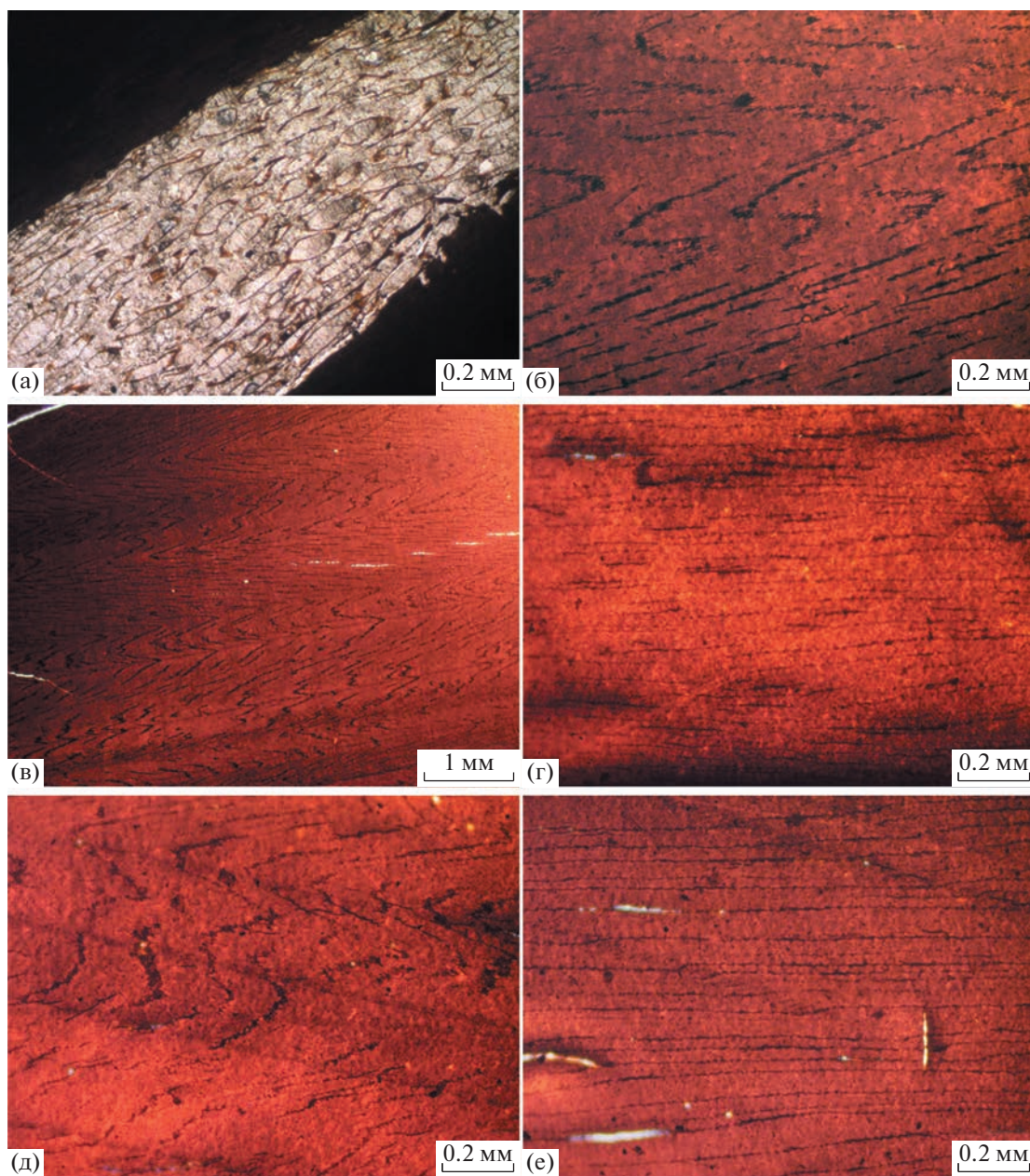


Рис. 8. Образцы из юрских отложений обнажения Копсель (гагат). Проходящий свет, увел. $100\times$ – $200\times$. Двусторонне-полированные шлифы.

а – шлиф непокрытый. Минерализованный прожилок в гагате, видно клеточное строение растительной ткани; б – шлиф непокрытый. Видна клеточная структура растительной ткани, годичные кольца, проводящие каналы; растительное вещество однородное, красно-бурого цвета, представленное микрокомпонентом структурным витринитом, увел. $200\times$; в – тот же шлиф, увел. $100\times$; г – шлиф покрытый петрографический. Видны проводящие каналы, подчеркнутые более темным цветом, расположенные вдоль растительной ткани; д – шлиф покрытый петрографический. Годичные кольца, проводящие каналы; е – шлиф покрытый петрографический. Волнистые проводящие каналы, подчеркивающие клеточное строение, расположены параллельно.

ровости в трахеидах *Araucarioxylon arizonicum* Knowlton из верхнетриасовых отложений формации Чинли [Ash, Savidge, 2004; Savidge, 2007] практически идентичен строению и расположению окаймленных пор в копсельской древесине. Сходное строение имеют трахеиды *Araucarioxylon protoaraucana* Brea из триасовых отложений Аргентины [Brea, 1997]. На

основе этого сравнения можно высказать предположение, что копсельская древесина принадлежала хвойному, возможно, относящемуся к семейству Araucariaceae или какому-то близкому таксону.

Таким образом, сходные растительные остатки араукариевых растений обнаружены в цоколь-

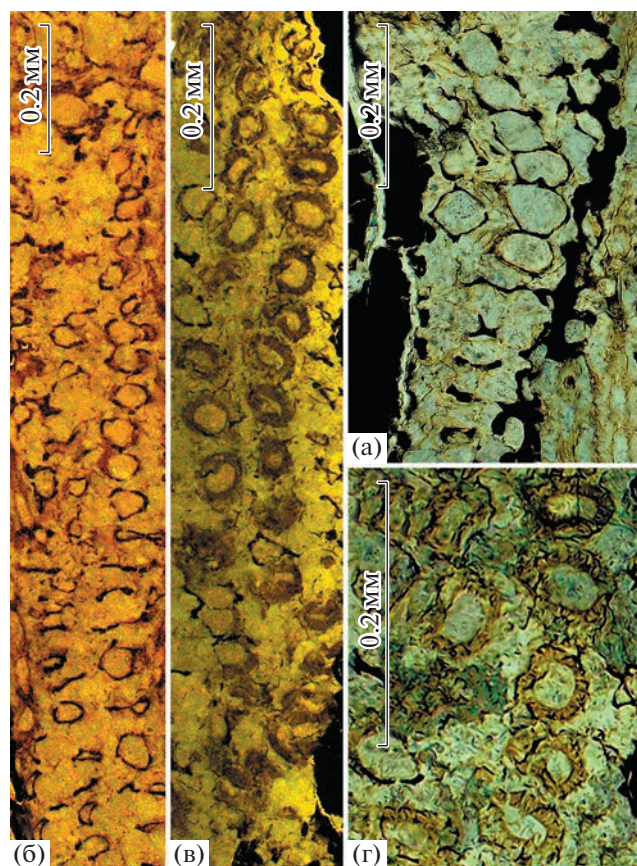


Рис. 9. Анатомическое строение проводящих элементов кониферофита из среднеюрских отложений верхней подсвиты копсельской свиты (переотложенный образец из отложений плейстоценовой террасы). а – поры, примыкающие друг к другу; б–г – поры, расположенные в два ряда.

ном слое террасы и в слое 5 разреза плейстоценовых отложений.

На основании макроскопической характеристики углей (черный цвет, раковистый излом, смолистый блеск) и обилия в них остатков араукариевых или близких к ним хвойных растений, исследованные гумусовые угли отнесены к гагатам [Геология СССР, 1974; Российская угольная ..., 2004].

Известно, что в конце средней юры Юго-Восточный Крым представлял собой южный склон Скифской плиты, покрытый эпиконтинентальным мелководным бассейном северной периферии океана Тетис (Перитетис), с коралловыми рифами и другими теплолюбивыми организмами, обитающими в тропических водах [Шнюков и др., 1997]. В прибрежную область сносились растительные остатки с окружающей суши, происходило их накопление и, в дальнейшем, формирование углесодержащих пород. Таким образом, проведенные исследования позволяют предполагать, что в плейстоценовых отложениях V террасы, вероятно, обнаружены переотложенные среднеюрские угли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ и обобщение полученных результатов позволили установить идентичность бурых углей, встреченных в отложениях плейстоценовой террасы, и юрских углей, залегающих в ее цоколе; уточнить историю накопления осадков V террасы и стадии развития морских бассейнов по данным изучения разрезов в долине р. Копсели.

1. Результаты изучения бурых углей, присутствующих в отложениях V Перчемской плейстоценовой террасы, позволяют предполагать, что эти угли были переотложены из толщи пород средней юры (келловейский ярус).

2. Углететрографические исследования позволили сравнить микрокомпонентный состав четвертичных и юрских углей, установить их идентичность и определить общий генетический тип углей как гумусовый витринитового состава, а точнее – гагат. Палеоботанические исследования подтвердили отнесение исследованных углей к разновидности гагатов, так как в основном они сложены остатками растений семейства араукариевых или близких к ним таксонов.

3. В неоплейстоцене (около 0.6–0.7 млн лет назад) воды Средиземного моря трансгрессировали в Черноморскую впадину и образовался Чаудинский бассейн. Уровень его быстро поднимался, этот бассейн достиг современной территории Южного берега Крыма, и воды Чаудинского моря ингрессировали в речные долины, в одной из них образовалась мелководная Копсельская лагуна.

4. При последующем размыве отложений юры в раннем неоплейстоцене, в результате береговой абразии произошло оползание среднеюрских осадков с углями в лагунные илы, что закончилось захоронением фрагментов юрских углесодержащих пород в осадках Чаудинской лагуны.

5. На заключительной стадии чаудинской трансгрессии, после того, как толща среднеюрских угленосных отложений была покрыта осадками Чаудинской лагуны, уровень моря, судя по мощности чаудинских отложений в разрезе V Перчемской террасы, мог подняться еще на 10–12 м. Позднее, в результате регрессии Чаудинского бассейна, произошло осушение лагуны, и образовался уступ V террасы.

6. Проведенные комплексные литологические, углететрографические и палеоботанические исследования позволили проследить историю формирования углесодержащих отложений (и собственно гагатов) в разрезе морской чаудинской террасы.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена по темам госзадания ГИН РАН (№ АААА-А20-120030490100-6 и № 0135-2019-0044) и ИГ РАН (№ 0148-2019-0007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авгушевич И.В., Броневец Т.М., Головин Г.С., Сидорук Е.И., Шуляковская Л.В. Стандартные методы испытания углей. Классификации углей. М.: НТК "Трек", 2008. 368 с.
- Андрусов Н.И. Террасы окрестностей Судака // Записки Киевского общества естествоиспытателей. Т. 22. Вып. 2. 1912. С. 1–88.
- Архангельский А.Д., Страхов Н.М. Геологическое строение и история развития Черного моря. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 226 с.
- Вахрамеев В.А. Юрские и меловые флоры и климаты Земли. М.: Наука, 1988. 215 с.
- Геология СССР. Т. VIII. Крым. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1974. 205 с.
- Паллас П.С. Наблюдения, сделанные во время путешествия по южным наместничествам Русского государства в 1793–1794 годах / Петр Симон Паллас / Отв. ред. Б.В. Левшин, составитель Н.К. Ткачева // Научное наследство. Т. 27 [РАН, Архив]. М.: Наука, 1999. 246 с.
- Ратеев М.А., Рассказов А.А., Шаброва В.П. Глобальные закономерности распределения и формирования глинистых минералов в современных и древних морях, Мировом океане и геологические факторы. М.: Изд-во РАН, 2001. 199 с.
- Ренгартен Н.В. Некоторые особенности лиманно-морских отложений антропогенного возраста // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1974. № 41. С. 176–178.
- Российская угольная энциклопедия (в трех томах). Т. 1 (А–И). М., СПб.: Изд-во СПб. картограф. фабрики ВСЕГЕИ, 2004. 649 с.
- Садчикова Т.А. Фациально-минералогический анализ понтических отложений среднего течения р. Когильник Черноморского бассейна // Литология и полез. ископаемые. 1981. № 1. С. 135–143.
- Тесленко Ю.В., Яновская Г.Г. Среднеюрская флора горного Крыма. Киев: Наукова думка, 1990. 160 с.
- Тимофеев П.П., Боголюбова Л.И. Седиментогенез и ранний литогенез голоценовых отложений в областях приморского торфонакопления (Колхида, Южная Прибалтика, Западная Куба, Флорида) // Тр. ГИН РАН. Вып. 492. М.: Наука, 1998. 428 с.
- Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия // Тр. ГИН СССР. Вып. 310. М.: Наука, 1978. 168 с.
- Чепалыга А.Л. Новая концепция Черноморских террас Юго-Восточного Крыма // Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. 2015. № 74. С. 90–104.
- Чепалыга А.Л. Уникальная система Черноморских террас ЮБК: история Черного моря, древнейшие олдванские миграции и первичное заселение Европы через Крым // Материалы X Всеросс. совещания по изучению четвертичного периода, Москва, 25–29 сентября 2017 г. М.: ГЕОС, 2017. С. 460–464.
- Шнюков Е.Ф., Щербаков И.Б., Шнюков Е.Е. Палеоостровная дуга севера Черного моря. Киев: Изд-во НАН Украины, 1997. 287 с.
- Штах Э., Маковски М.-Т., Тейхмюллер М., Тейлор Г., Чандра Д., Тейхмюллер Р. Петрология углей. М.: Мир, 1978. 554 с.
- Ash S.R., Savidge R.A. The bark of the Late Triassic *Araucarioxylonarizonicum* tree from Petrified forest National park, Arizona // IAWA J. 2004. V. 25(3). P. 349–368.
- Brea M. Una nueva especie del genero *Araucarioxylon* Kraus 1870, emend. Maheshwari 1972 del Triasico de Agua de la Zorra, Uspallata, Mendoza, Argentina // Ameghiniana (Rev. Asoc. Paleontol. Argent.). 1997. V. 34(4). P. 485–496.
- International chronostratigraphic chart, 2018/08. URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart-Chart2018/08.jpg>.
- Hayes J.D., Imbrie J., Shackleton N.J. Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages // Science. 1976. V. 194(4270). P. 1121–1132.
- Savidge R.A. Wood anatomy of Late Triassic trees in Petrified Forest National Park, Arizona, USA, in relation to *Araucarioxylon arizonicum* Knowlton, 1889 // Bull. Geosci. 2007. V. 82(4). P. 301–328.
- Shackleton N.J., Opdyke N.D. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific Core V28-238: oxygen isotope temperatures and ice volume on a 105 year and 106 year scale // Quat. Res. 1973. V. 3. P. 39–55. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(73\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0033-5894(73)90052-5)

Coals (Jets) from Pleistocene Sediments of Black Sea Terrace South-East Crimea

I. E. Stukalova^{1,*}, T. A. Sadchikova^{1,**}, A. L. Chepalyga^{2,***},
S. V. Naugolnykh^{1,****}, I. V. Latysheva^{1,*****}

¹Geological Institute RAS, Pyzhevsky lane, 7, bld. 1, Moscow, 119017 Russia

²Institute of Geography RAS, Staromonetny lane, 29, bld. 4, Moscow, 119017 Russia

*e-mail: iestukalova@mail.ru

**e-mail: tamara-sadchikova@yandex.ru

***e-mail: tchepalyga@mail.ru

****e-mail: naugolnykh@rambler.ru

*****e-mail: irkalatysheva@gmail.com

This article presents new results of studying the Black Sea marine terraces nearside Sudak (composition, structure and formation). Our investigation includes also the studying of the material and petrographic composition of coals in the deposits of the V-th 50-meter marine Quaternary (Chaudian) terrace. Lithological, coal petrographical, and paleobotanical studies in complex had shown that these coals were redeposited from the lower sediments of the Kopsel Formation of the Middle Jurassic Callovian stage, exposed by erosion in the basement of the terrace, and allowed us to reconstruct the paleogeographic conditions of sediment formation and the history of Pleistocene marine terraces.

Keywords: Black Sea marine terraces, jet coals, coal petrography, paleobotany, Araucariaceae, sedimentation, paleogeography, Pleistocene, Middle Jurassic.