

УДК 624.131; 504

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2024-63-3-65-72

## ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МАССИВОВ МЕЛОВЫХ ГРУНТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ РУССКОЙ ПЛИТЫ

Марина Анатольевна Харьковина<sup>1✉</sup>, Татьяна Васильевна Андреева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; kharkina@mail.ru ✉

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; andreeva.msu@yandex.ru

**Аннотация.** Определены основные характеристики абиотических (литотоп, эдафотоп) и биотических (микробиоценоз, фитоценоз и зооценоз) компонентов эколого-геологических систем массивов меловых грунтов центральных районов Русской плиты. Экспериментально доказано, что особенности литотопа связаны с их высокой пористостью и быстрой размокаемостью. Специфика эдафотопа меловых массивов состоит в возможности формирования на склонах короткопрофильных почв со слабо развитым гумусовым горизонтом, а в основании склонов на дресве меловых грунтов — карбонатных черноземов. Показано, что особенности литотопа и эдафотопа массивов меловых грунтов определяют развитие фито- и зооценозов. Среди флоры доминирует группа ксерофитов — растений, способных переживать продолжительные периоды сухости почвы. Фауна представлена членистоногими и беспозвоночными, приспособленными к жизни в верхних горизонтах меловых массивов, характеризующихся оптимальной температурой зимой и летом в связи с низкой теплопроводностью меловых грунтов.

**Ключевые слова:** эколого-геологическая система, литотоп, эдафотоп, микробиоценоз, фитоценоз, зооценоз, меловые грунты

**Для цитирования:** Харьковина М.А., Андреева Т.В. Эколого-геологические системы массивов меловых грунтов центральных районов Русской плиты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2024. № 3. С. 65–72.

## ECOLOGICAL-GEOLOGICAL SYSTEMS OF CHALK MASSIFS IN THE CENTRAL PART OF RUSSIAN PLATE

Marina A. Kharkina<sup>1✉</sup>, Tatyana V. Andreeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; kharkina@mail.ru ✉

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; andreeva.msu@yandex.ru

**Abstract.** The components of the ecological-geological systems of chalk massifs, including lithotope, edaphotope, microbiocenosis, phytocenosis and zoocenosis are characterized. The features of that lithotope are connected with high porosity and rapid soaking of chalk rocks. A special feature of chalk massif edaphotope is the opportunity of formation on chalk massifs short-profile soils with a poorly developed humus horizon on the slopes and thick carbonate chernozems on the wood of chalk soils at the foot of the slopes. It is shown that the features of the lithotope and edaphotope of chalk soil massifs determine the development of phyto- and zoocenoses. Xerophytes — plants that can survive during a long period of dry soil, dominate among the flora. The fauna is represented by arthropods and invertebrates, adapted to life in the upper horizons of chalk massifs, characterized by optimal temperatures in winter and summer due to the low thermal conductivity of chalk deposits.

**Keywords:** ecological-geological system, lithotope, edaphotope, microbiocenosis, phytocenosis, zoocenosis, chalk rocks

**For citation:** Kharkina M.A., Andreeva T.V. Ecological-geological systems of chalk massifs in the central part of Russian plate. *Moscow University Geol. Bull.* 2024; 3: 65–72. (In Russ.).

**Введение.** Эколого-геологические системы (ЭГС) являются объектом исследования нового научного направления геологических наук — экологической геологии [Экологические..., 2000]. Живые организмы живут и функционируют в литосфере или непосредственно на ее поверхности. Исходя из этого ЭГС — это определенный объем литосферы как геологический компонент природной среды с находящейся в ней и на ней биотой, включая человека и социум. Структура ЭГС с учетом

геологической составляющей была разработана В.Т. Трофимовым [Трофимов, 2009]. При разработке структуры эколого-геологической системы использовались представления о биогеоценозах академика АН СССР В.Н. Сукачева и частично его терминология. В ЭГС в качестве абиотической среды обитания живых организмов, рассматривается литосфера (литотоп) и почвы (эдафотоп). Понятие литотопа объединяет состав и состояние пород, слагающих геологический массив, рельеф

территории, подземные воды, геохимические, геофизические поля и современные эндо- и экзогенные процессы, приуроченные к массиву. Почвы (эдафотоп) — это природное тело, формирующееся при преобразовании поверхностных слоев литосферы под совместным воздействием воды, воздуха и живых организмов [Большая ..., 2015].

Необходимость изучения ЭГС массивов грунтов связана с введением в практику изыскательских работ нового вида исследований, а именно инженерно-экологических изысканий, в которых основным объектом исследований являются экосистемы и эколого-геологические системы как их составная часть. Достаточно сказать, что в нормативно-техническом документе на инженерно-экологические изыскания СП 502.1325800.2021 понятие экосистемы включено в терминологическую базу: 40% пунктов СП регламентирует изучение литосферы, 20% — изучение педосферы, а на изучение других абиотических сред (поверхностной гидросферы и атмосферы) приходится чуть больше 10%. На изучение растительного и животного мира отводится 10% пунктов, а социума — 5% [Трофимов и др., 2021].

Массивы меловых грунтов в качестве литотопа ЭГС выбраны нами для исследований не случайно. Они слагают обширную полосу в пределах Русской плиты и входят в состав верхнемеловой мело-мергельной формации, широко развитой преимущественно в пределах Воронежской антеклизы, Приволжского поднятия, Днепровско-Донецкой впадины. Мощность меловых и мергелистых пород мелового возраста доходит до нескольких десятков метров [Инженерная..., т. 3, 2015].

Практическое значение изучения ЭГС связано с тем, что к настоящему времени в той или иной

степени уже охарактеризованы ЭГС, формирующиеся на массивах песчаных, лёссовых и скальных грунтов [Королев и др., 2022; Королев и др., 2023; Трофимов и др., 2018]. Однако характерные особенности природных континентальных ЭГС массивов полускальных меловых грунтов остаются пока слабо изученными. Поэтому цель настоящей статьи — восполнить этот пробел.

**Особенности литотопа массивов меловых грунтов.** Мел — порода преимущественно органогенная, состоящая из карбоната кальция. Писчий мел состоит, главным образом, из кокколитов, которые представляют собой известковые фрагменты панцирей (коккосфер) микропланктонных микроорганизмов — кокколитофорид. На фоне основной массы, представленной кокколитами, выделяются фрагменты раковин фораминифер [Иванова, 2008]. В незначительном количестве встречаются остатки белемнитов, аммонитов и другой фауны.

По минеральному составу меловые грунты представляют собой преимущественно карбонат кальция. Так, писчий мел верхнего отдела меловой системы туронского яруса района г. Курчатова (определено с помощью рентгеновского дифрактометра ULTIMA-IV В.В. Крупской, С.А. Гараниной), состоит преимущественно из кальцита (до 99,6%), а песчанистые и глинистые его разновидности содержат не только кальцит (38,3%), но и кварц (51,9%), и иллит (7,45%). Содержание других минералов (микроклина, альбита, смектита, сидерита, пирита) отмечается не во всех исследованных образцах и составляет первые проценты (табл. 1). При выходе меловых грунтов на поверхность высокое содержание карбоната кальция обуславливает развитие на них кальцефитной растительности.

Таблица 1

Минеральный состав писчего мела района г. Курчатова Курской области

Номер образца	Глубина отбора, м	Массовые доли минералов, %											
		Кальцит	Са-монтмориллонит	Кварц	Микроклин	Альбит	Иллит	Смектит	Иллит/смектит	Цеолит	Опал	Сидерит	Пирит
1	35,0–35,2	91		0,5	5	2	1,5						
2	19,8–20,0	97		0,5	0,5	0,5	1,5						
3	41,5–41,7	99	1										
4	76,7–76,9	98		0,5	0,5	0,5	0,5						
5	27,5–27,7	99,5		0,5									
6	29,7–29,9	99,6		0,4									
7	60,1–60,3	38,3		51,9			7,4					1,9	0,5
8	20,4–20,6	76		10	0,5	1,5	1	3	3	11	14		
9	25,4–25,6	75		9	2	1	5	4	4				

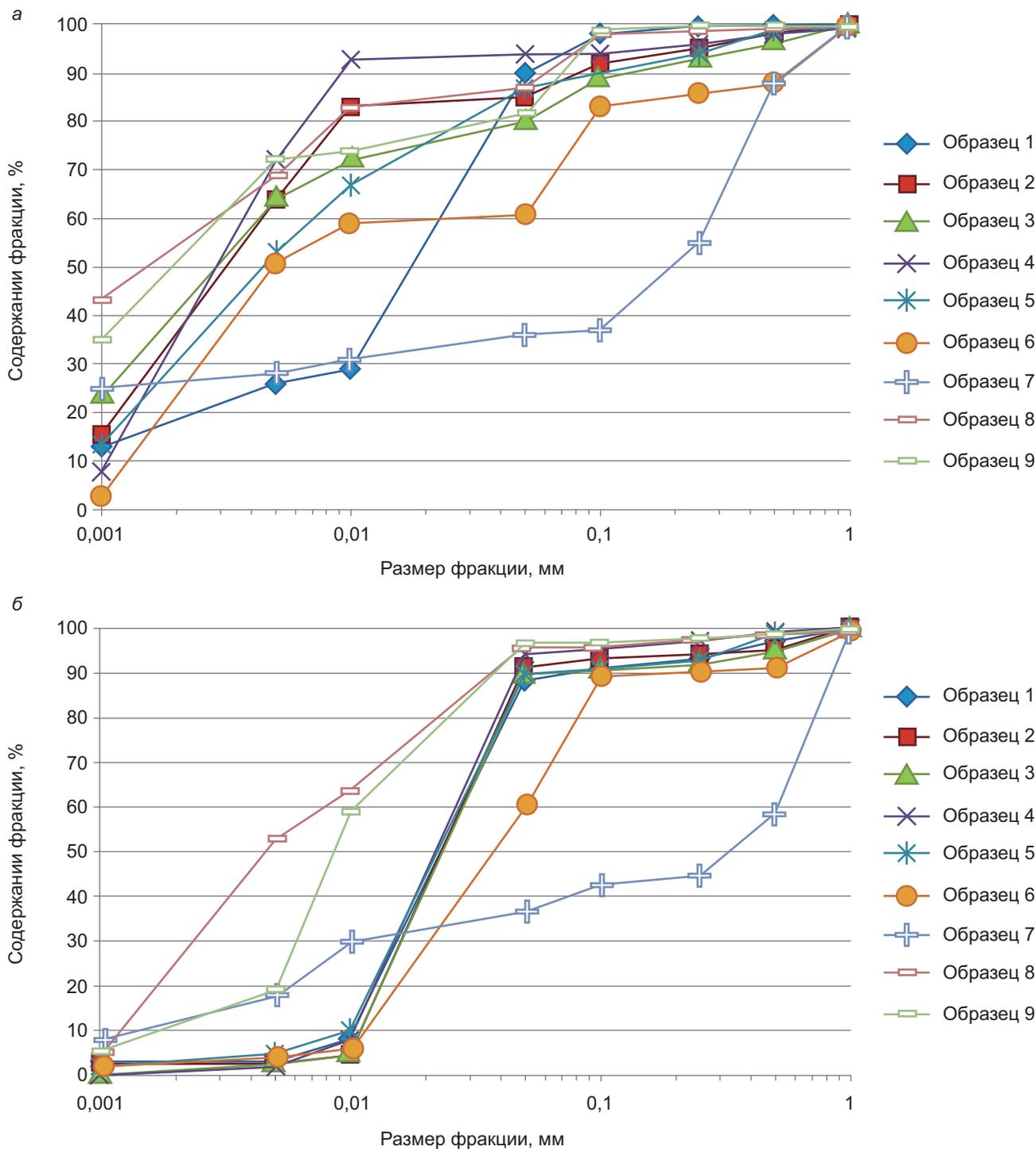


Рис. 1. Гранулометрический (а) и микроагрегатный (б) составы исследованных образцов района г. Курчатов

Плотность частиц грунта определяется его минеральным составом. Плотность твердых частиц образцов чистого мела составляет от 2,68 г/см<sup>3</sup> (обр. 5) до 2,73 г/см<sup>3</sup> (обр. 2), что определяется в основном плотностью кальцита.

Пористость меловых грунтов меняется от 28 до 52%. Высокая пористость массивов меловых грунтов способствует освоению живыми организмами ресурсов геологического пространства.

То, что меловые отложения образованы панцирями водорослей различной степени сохранности,

дает возможность определять для этих грунтов, относящихся к полускальным, гранулометрический и микроагрегатный составы.

Гранулометрический состав образцов писчего мела (подготовка — обработка пирофосфатом натрия) района г. Курчатов представлен на рис. 1, а. В образцах 2–6 (чистый мел) преобладает фракция 0,005–0,001 мм, содержание которой колеблется от 40 (обр. 3) до 64% (обр. 4). Такое высокое содержание связано с тем, что размер обломков кокколитофорид варьирует в этих пределах. Помимо этого,

Таблица 2

## Показатели состава, физических и физико-механических свойств меловых грунтов района г. Курчатов

Номер образца	Глубина отбора, м	Плотность твердых частиц, кг/м <sup>3</sup>	Плотность грунта, кг/м <sup>3</sup>	Плотность скелета грунта, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Коэффициент пористости	Естественная влажность, %	Прочность на одноосное сжатие, МПа
1	35,0–35,2	2650*	1680	1300	51	1,04	29	0,5
2	19,8–20,0	2730	1770	1330	51	1,05	33	0,29
3	41,5–41,7	2710	1810	1300	52	1,08	39	0,27
4	76,7–76,9	2720	1810	1330	51	1,04	36	0,40
5	27,5–27,7	2680/2720*	1860	1410	48	0,92	32	0,536
6	29,5–29,7	2670*	1370**	1370	49	0,95	–	–
7	60,1–60,3	2800	2010**	2010	28	0,39	–	–
8	20,4–20,6	2770	1810	1400	49	0,97	29	0,62
9	25,4–25,6	2760	1830	1540	44	0,79	19	1,02

Примечание. \* — определено пикнометрическим методом с керосином, остальные опыты выполнены на приборе В.Я. Калачева; \*\* — определено методом парафинирования, остальные методом режущего кольца.

в образцах наблюдается существенное содержание фракции 0,01–0,005 мм (обр.2 — 19%, обр.4 — 21%, обр.5 — 14%), глинистой (обр. 2 — 16%, обр. 3 — 24%, обр. 4 — 8%, обр. 5 — 13%). В образце 5 отмечено достаточно высокое содержание крупнопылеватой фракции — 20%, а в образце 6 тонкопесчаной (22%) и повышенное крупнопесчаной (12%). Подобные колебания в гранулометрическом составе, по-видимому, связаны с содержанием в образцах сохранных кокколитофорид и, возможно, фораминифер. Размер первых обычно 0,005–0,008 мм, вторых 0,02–0,05 мм. Также определенное влияние на гранулометрический состав оказывает наличие терригенных примесей в составе грунта.

Таким образом, гранулометрический состав грунтов характеризуется существенной пылеватостью, связанной с размерами коккосфер и их обломков. Преобладающая фракция — 0,005–0,001 мм. В существенных количествах содержится глинистая фракция и фракции размером 0,05–0,01 и 0,01–0,005 мм. Терригенная составляющая увеличивает содержание песчаных фракций в гранулометрическом составе. При микроагрегатном анализе (рис. 1, б) резко преобладает крупнопылеватая фракция [Луговской и др., 2014]. Высокая пылеватость отложений писчего мела обуславливает его высокую пористость, аэрируемость и благоприятные условия для расселения в подземном пространстве различных организмов.

Показатели состава, физических, физико-химических и физико-механических свойств меловых грунтов представлены в табл. 2.

Писчий мел в сухом состоянии характеризуется слабыми структурно-кристаллизационными связями. По прочностным свойствам многие разности относятся к полускальным грунтам. Предел прочности на одноосное сжатие меловых грунтов района г. Курчатова Курской области составляет 0,3–1 МПа (табл. 2). При увлажнении их прочность

уменьшается, и мел становится слабодоустойчивой породой, способной переходить в пластичное состояние. Механическая прочность на одноосное сжатие образцов мела естественной структуры при замачивании снижается в 2,5–3,0 раза и зависит от длительности водонасыщения [Овчинников, 2011].

Низкие показатели плотности и прочности, высокая пористость меловых грунтов, их легкая дезагрегация на отдельные частицы благоприятно сказываются на возможности расселения живых организмов, особенно членистоногих, использующих в качестве жилищ поры и трещины в массивах.

Рассматривая рельеф, как составную часть литотопа, следует упомянуть, что массивы меловых грунтов в ряде случаев являются рельефообразующим фактором. Благодаря непрочным структурным связям между скелетными остатками и их обломками и высокой дисперсности меловых грунтов их массивы легко поддаются выветриванию. При выходе меловых грунтов на дневную поверхность на участках массива с более высокой цементированностью частиц, например, за счет окремнения, образуются останцы меловых массивов, называемые «меловыми дивами». «Меловые дивы» используются человеком как ресурсы геологического пространства, в них в ряде случаев устраиваются подземные сооружения, в том числе монастыри (рис. 2).

Характеризуя гидротоп меловых массивов, следует упомянуть, что проницаем мел для воды только по трещинам. Коэффициент фильтрации нетрещиноватых образцов мелов очень мал —  $10^{-7}$ – $10^{-8}$  м/с. По данным опытных наливов он равен  $(1,7–2,3) \cdot 10^{-5}$  м/с, иногда выше [Лысенко, 1980]. Фильтрация происходит по трещинам и корни растений питаются в основном дождевой водой при ее инфильтрации вниз по разрезу. К трещиноватым меловым грунтам, расположенным в глубине массива зачастую приурочены водоносные горизонты. В зависимости от геологического строения, воды

бывают как напорными, так и безнапорными. По химическому составу воды, как правило, гидрокарбонатные натриево-кальциевые или магниевые-кальциевые, пресные.

Изучая *геологические процессы* меловых массивов как составную часть литотопа ЭГС, следует упомянуть выветривание и карст.

Выветривание имеет существенное значение для почвообразования, так как за счет этого процесса идет подготовка грунтов для формирования почв. В процессе выветривания меловые грунты приобретают ряд свойств, нехарактерных для исходных невыветрелых: они становятся из относительно плотных рыхлыми несвязными; приобретают воздухоёмкость, бóльшую воздухо- и влагопроницаемость; в их составе наряду с первичными породообразующими минералами появляются вторичные глинистые минералы, обладающие высокой поглощательной способностью.

Карстовый процесс в меловых массивах кардинально отличается от других карстующихся грунтов, он обусловлен в первую очередь легкой размокаемостью и разрушаемостью мела [Катаев и др., 2022, Михно, 2005]. На размокание меловых грунтов влияют различные факторы, например, пористость, с увеличением которой скорость размокания увеличивается. Время размокания образцов писчего мела района г. Курчатов Курской области, определенное на приборе ПРГ-2 [Лабораторные..., 2008] составило от 2 минут до суток (табл. 3).

В отличие от известняков и доломитов, в толще которых растворение и механическое разрушение имеет примерно одинаковую интенсивность, для мела механическое разрушение проявляется в 4–6 раз интенсивнее, чем растворение вследствие ослабления контактов между слагающими его пылеватыми частицами кальцита при взаимодействии с водой [Носов, 1957; Катаев и др., 2022].

В пределах Центральных районов Русской плиты в меловых массивах развиты преимущественно поверхностные формы карста, их плотность распределения и морфология изменяются в зависимости от типа местности [Хрисанов и др., 2016]. В Курской области карстовые воронки, западины, котловины, как правило, сосредоточены на возвышенных плоских или пологоволнистых междуречьях (плакорях), на террасах речных долин и на днищах балок, где воронки часто осложнены понорами. Плотность карстовых воронок составляет 0,13 на 1 км<sup>2</sup>. Много меньше воронок развито на склонах водоразделов, где плотность составляет 0,07 шт./км<sup>2</sup>. На водораздельных участках карстопроявления задернованные, часто заросшие кустарником или заболоченные, на террасах речных долин они также часто заболочены, покрыты кустарником, форма часто блюдцеобразная, диаметр от 10–20 до 100–150 м при глубине до 2 м [Михно, 2005]. Погребенные формы карста не отражены в рельефе и визуально фиксируются в бортах карьеров и эрозионных врезов, при бурении и гео-



Рис. 2. Церковь Сицилийской иконы Божьей Матери в останеце выветрелого массива меловых грунтов. Высота «меловой дивы» около 8 м (фото С.Д. Балыковой, 2017)

физических исследованиях. Известны редкие случаи открытых полостей. Так, в окрестностях поселка Вышкова, расположенного на юго-западе Брянской области, в Злынковском районе, в долине р. Ипуть зафиксированы многочисленные поверхностные открытые формы карста, а на территории поселка в 2006, 2017 и 2020 гг. образовались три карстовых провала, понизивших комфортность проживания населения: по ул. Ленинская, д. 23 (апрель 2006 г.) диаметром 1,5 м и глубиной 6 м, по ул. Щорса, д. 24 (февраль 2017 г.) диаметром 17 м и глубиной 12 м, по ул. Ленинская, д. 14 (октябрь 2020 г.) диаметром 10 м, 7 м глубиной [Катаев и др., 2022].

Рассматривая *геохимические поля* как составную часть литотопа ЭГС, следует отметить, что писчий мел состоит в основном из кальцита (см. табл. 1), но в ряде случаев он может быть обогащен силикатами, слагающими наряду с кальцитом глинистые или песчаные частицы. Согласно классификации [Мошанский, 1975] выделяются разности: чистый мел, слабглинистый мел, глинистый мел и переходные разности. Особенности состава меловых массивов не имеют существенного экологического значения, но сказываются на интенсивности процессов выветривания и, следовательно, влияют на мощность почвенного покрова.

**Особенности эдафотона массивов меловых грунтов.** Характерной особенностью эдафотона ЭГС массивов меловых грунтов является наследование

Показатели размокания пчсего мела района г. Курчатов Курской области

Образец	Тип мела по классификации [Мошанский, 1975]	Начальная влажность, %	Начальная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Время размокания	Степень размокания, %	Классификация по степени размокания [Инструкция..., 1981]
1	Слабоглинистый	0,1	1300	5 мин	100	очень быстро
2	Чистый	0	1330	5 мин	100	очень быстро
3	Чистый	0,1	1300	4 мин	90	очень быстро
4	Чистый	0	1330	2 мин 20 сек	90	очень быстро
5	Чистый	0	1410	сутки	82	быстро
6	Чистый	0	1370	сутки	42	медленно
7	«Песчанистый»*	0,5	2010	4 мин	100	быстро
8	Глинистый	1,8	1420	сутки	50	медленно
9	Глинистый	1,8	1570	4 суток	100	быстро
9а**	Глинистый	5	1610	12 мин	100	очень быстро
9б	Глинистый	11	1710	15 мин	100	очень быстро
9в	Глинистый	21	1860	20 мин	90	очень быстро
9г	Глинистый	28	1970	–	0	неразмокающий

*Примечание.* \*В классификации В.А. Мошанского нет подходящего названия для разновидности мелового грунта, обогащенного песчаными частицами, сложенными преимущественно кварцем, поэтому данное название взято в кавычки. \*\*Буквенные обозначения в номере образца 9 означают разную начальную влажность кубиков грунта, взятых для определения размокания.

минерального и химического состава материнской породы. Почва, развитая на меловых грунтах, состоит в основном из карбоната кальция, что определяет дефицит некоторых питательных веществ у растений [Панкратова и др., 2015].

Почвы, образующиеся на меловом субстрате, в зависимости от местоположения и возраста имеют разные петрогенные вариации: от неполноразвитых скелетных, щебенчатых, рухляковых на элювии и делювии меловых пород на склонах и меловых лбищах до мощных карбонатных дерновых чернозёмов с повышенным плодородием в нижних частях склонов, на надпойменных террасах, в тальвегах балочных и речных долин, формирующихся в условиях намывного режима, достаточного увлажнения и развитого растительного покрова. Так, максимальная мощность почвы на меловом субстрате на выровненных участках в музее-заповеднике «Дивногорье» составляет 60 см, а на меловых склонах гумусовый горизонт практически отсутствует [Панкратова и др., 2015].

**Особенности микробиоценоза массивов меловых грунтов.** Микроорганизмы присутствуют на массивах меловых грунтов, несмотря на активную солнечную радиацию, засуху, дефицит питательных веществ и высокие температуры при инсоляции. Это, как правило, фотосинтетические и азотфиксирующие автотрофные микроорганизмы, такие как водоросли, цианобактерии и лишайники. На скальных обнажениях обнаружены также некоторые виды гетеротрофных бактерий и грибов, которые, как предполагается, также являются пионерами выветривания массивов меловых грунтов. Экспериментально доказано, что бактерии способны проникать в меловые массивы не только по крупным порам, но

и порам размером менее 4 мкм, сравнимым с размерами бактериальных клеток [Halim et al., 2014].

**Особенности фитоценозов массивов меловых грунтов.** На массивах меловых грунтов центральной части Русской плиты, в частности в Воронежской области (в музее-заповеднике Дивногорье) широко распространены богатые видами кальцефитно-степные сообщества, в состав которых кроме обязательного компонента — осоки низкой (*Carex humilis*) — входят проломник мохнатый (*Androsace villosa*), бурачок ленский (*Allisum lenense*), полынь шелковистая (*Artemisia sericea*), шиверекия подольская (*Schivereckia podolica*) и другие растения [Виноградов и др., 1954]. Такие сообщества встречаются на склонах долины р. Дон, на слабо затронутом почвообразованием аллювии меловых пород. У подножия склонов шиверекия подольская бывает столь обильной, что образует чистые ковры. В целом в дивногорском разнотравье выделяют четыре типа степей, в которых преобладают тимьян; кальцефитно-петрофитные луговые растения; проломник; осока низкая.

В состав тимьянниковых степей кроме тимьяна мелового (*Thymus, cretaceous*), входят оносма простейшая (*Onosma simplicissimum*), головчатка уральская (*Cephalana uralensis*), бедронец известковолюбивый (*Pimpinella titanophila*), лен украинский (*Linum ucrainicum*) и др., они растут на склонах, причем не только на слабоподвижных меловых осыпях у подножия склонов, но и там, где меловые отложения лишены мелового щебня.

Отдельно отметим, что на массивах меловых грунтов обнаружены эндемики. Это растения, имеющие ограниченный ареал распространения, встречающиеся только на определенной территории. На

меловых массивах на территории музея-заповедника Дивногорье отмечено 7 эндемичных растений, среди них два вида желтушника мелового (*Polygala cretacea* Kotov) и *Erysimum cretaceum* (Rupr.) Schmalh. — эндемики меловых обнажений Среднего Дона и *Androsace koso-poljanskii* Ovzc. — юга Среднерусской возвышенности [Агафонов и др., 2019]. Желтушник меловой — это кальцефильно-степной вид, представляет собой многолетнее травянистое стержнекорневое цветущее растение высотой 20–40 см, произрастает на плотных меловых грунтах, не боится крутых склонов, реже встречается на рыхлом меле.

Что касается корневой системы, то произрастание растений на крутых склонах с развитыми процессами эрозии и выветривания приводит к оголению корня. В научной литературе [Олейникова, 2011] имеется описание эндемика меловых массивов, произрастающего на крутых склонах *Pimpinella tragiium* Vill. (бедренца скального), распространенного в долинах Волги и Дона на меловых обнажениях. Это облигатный кальцефит юга, запада и северо-запада Воронежской области, он встречается повсеместно: на подвижных осыпях, коренных выходах меловых пород, шлейфах и конусах выноса, а так же на обнаженных участках с примесью гумуса и мелкозема. Бедронец скальный произрастает на склонах крутизной 45–50°. Проективное покрытие обнажений не превышает 55%, а в отдельных случаях составляет 5–20%. Это обусловлено произрастанием бедренца на твердом меловом субстрате, на котором закрепиться и прорасти семенам очень непросто. Ситуация усугубляется тем, что верхний слой мела из-за сезонных смен температуры и влажности постепенно разрыхляется и вымывается при таянии снега и осадках. Небольшие по размерам особи либо вымываются, либо меловая жижа заливает точки роста прикорневой розетки; наблюдается как блокирование точек роста побега меловой жижей, так и достаточно сильное — до 10 см — оголение корня, что существенно снижает срок жизни растения.

**Особенности зооценозов массивов меловых грунтов.** Относительно небольшое разнообразие животного мира на полускальных массивах меловых грунтов связано с экстремальными условиями существования. Особенностью меловых массивов является слабая доступность для живых организмов воды, содержащейся в микропорах, и особый тепловой режим обитаемого горизонта в связи с низкой теплопроводностью мела. Обитаемые высокопористые горизонты меловых отложений в приповерхностной части массива (например, в Белгородской области) характеризуются более низкой температурой в летние месяцы и незначительной разницей дневных и ночных температур. Суточные вариации температуры на развитых почвах в Белгородской области на 4–20 °С превышают таковые на меловых массивах [Присный, 1993].

Еще одной особенностью массивов меловых грунтов является их высокая освещенность. Обладая

высоким альбедо, мел способен обеспечивать дополнительный по отношению к другим источникам тепла нагрев тел, находящихся на его поверхности, что особенно сказывается на членистоногих, если они оказываются на «светлом» фоне. Даже кратковременный их выход на открытую поверхность мела грозит быстрым перегревом и потерей влаги. Поэтому выходы мела на поверхность обладают различной пригодностью для расселения живых организмов, в том числе членистоногих и других беспозвоночных. Субвертикальные обнажения с протяженными узкими трещинами, в которые проникают корни растений и накапливается много органики, заселяются детритоядными мокрицами, хищными многоножками и пауками-засадниками из семейства Clubionidae и Gnaphosidae, на поверхности обнажений обитают пауки из семейства Salticidae. В основании обнажений, где скапливается меловой щебень и имеются обширные полости, в которые проникает дневной свет, попадает крупнодисперсная органика и поддерживается высокий уровень влажности, обитают мезо- и гигрофильные детритоядные членистоногие (мокрицы Oniscidae, кивсяки Blaniulidae, Julidae, чернотелки Tenebrionidae и др.), днем находятся сумеречные и избегающие перегрева дневные хищники (например, жуки из семейств Carabidae Staphylinidae, Histeridae, Lycosidae, Gnaphosidae, Lithobiidae), а также пауки из семейств Theridiidae, Agelenidae, Linyphiidae [Присный, 1993, 2002].

**Заключение.** Таким образом, важнейшие особенности эколого-геологических систем массивов меловых грунтов обусловлены литогенной основой. Массивы меловых грунтов характеризуются высокой пористостью, размокаемостью и относительно низкой прочностью, особенно при увлажнении, что способствует расселению биоты. Состав и свойства литотопа во многом определяют свойства эдафотопа, видовой состав фитоценозов и зооценозов.

Характерной особенностью эдафотопа меловых массивов является формирование короткопрофильных почв со слабо развитым гумусовым горизонтом, а на коре выветривания этих массивов развиты почвы с большим количеством органического вещества.

Среди растений на массивах меловых грунтов распространены кальцефитно-степные сообщества, способные выжить на мало обводненных участках, слабо затронутых почвообразованием. Среди животных преобладают членистоногие, использующие в качестве укрытий от высокой освещенности и перепада дневных и ночных температур на поверхности низкую теплопроводность пористых меловых массивов.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность сотрудникам кабинета рентгеноструктурного анализа кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова В.В. Крупской, С.В. Закусину, С.А. Гараниной за определение минерального состава образцов писчего мела.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агафонов В.А., Крутова О.В., Казьмина Е.С., Чернышова Т.Н. Распространение редких и охраняемых видов растений на территории природного архитектурно-археологического музея-заповедника «Дивногорье» // Вестн. ВГУ. Сер. География, Геоэкология. 2019. № 2. С. 86–90.
- Большая Российская энциклопедия: В 30 т. Т. 27: Полупроводники — Пустыня. М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2015. 767 с.
- Виноградов Н.П., Голицын С.В. «Сниженные Альпы» и тимьянники Среднерусской возвышенности // Ботанический журнал. 1954. Т. 39, № 3. С. 423–430.
- Иванова Е.О. Электронно-микроскопическая характеристика верхнемеловых пород Курской и Белгородской областей // Вестн. ВГУ. Сер. Геология. 2008. № 1. С. 169–172.
- Инженерная геология России. Т. 3. Инженерно-геологические структуры России / Под ред. В.Т. Трофимова, Т.И. Аверкиной. М.: КДУ, 2015. 710 с.
- Инструкция к прибору ПРГ-2. М.: МНТК, 1981. 6 с.
- Катаев В.Н., Щербаков С.В., Золотарев Д.Р., Дробинина Е.В. Оценка карстовой опасности в отложениях мела на примере территории п. Вышкова Брянской области // Инженерная геология. 2022. Т. XVII, № 3. С. 44–63.
- Королев В.А., Григорьева И.Ю. Эколого-геологические системы массивов лессовых грунтов // Инженерная геология. 2022. Т. XVII, № 2. С. 42–64.
- Королев В.А., Трофимов В.Т., Харькина М.А. Особенности эколого-геологических систем массивов скальных грунтов // Геоинфо. 2023. № 2. С. 6–17.
- Лабораторные работы по грунтоведению / Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. М.: Высшая школа, 2008. 519 с.
- Луговской А.В., Андреева Т.В. Состав, строение и свойства меловых отложений района Курской АЭС // Инженерные изыскания в строительстве: Мат-лы Десятой науч.-практ. конф. молодых специалистов. М.: ПНИИИС, 2014. С. 3–9.
- Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. М.: Недра, 1980. 272 с.
- Михно В.Б. Районирование карста Центрального Черноземья // Вестн. ВГУ. Сер. География, Геоэкология. 2005. № 1. С. 16–33.
- Мощанский В.А. О микростроении и классификации мелов // Литология и полезные ископаемые. 1975. № 3. С. 67–77.
- Носов Г.И. Состав некарбонатной примеси в писчем мелу и ее влияние на физико-механические свойства породы // Доклады АН СССР. 1957. Т. 113, № 1. С. 170–182.
- Овчинников А.В. Определение коэффициента размягчаемости белого писчего мела // Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых. Белгород, 2011. С. 156–168.
- Олейникова Е.М. Эндемичный кальцефит *Pimpinella tragioides* Vill. (Ariaceae) на мелах Среднего Дона // Вестн. ВГУ. Сер. География, Геоэкология. 2011. № 1. С. 179–183.
- Панкратова Л.А., Волкова М.В. Музей-заповедник «Дивногорье»: Экология, литология, растительность (Воронежская область) // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11. Естественные науки. 2015. № 4(14). С. 40–48.
- Присный А.В. Адаптация членистоногих к обитанию на меловых отложениях / Приспособление организмов к действию экстремальных экологических факторов. Мат-лы VII Международной научно-практ. экологической конф., г. Белгород, 5–6 ноября 2002 г. Белгород: Изд-во БелГУ, 2002. С. 69–75.
- Присный А.В. Некоторые особенности биогеоценоза на скальном обнажении писчего мела в окрестностях Белгорода // Изв. Харьковского энтомол. об-ва. 1993. Т. 1, вып. 1. С. 106–116.
- Трофимов В.Т. Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 2. С. 48–52.
- Трофимов В.Т., Харькина М.А. Экосистемный подход в нормативно-техническом документе России // Инженерные изыскания. 2021. № 5–6. С. 42–49.
- Трофимов В.Т., Королев В.А. Массивы песчаных грунтов как объекты эколого-геологических исследований // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2018. № 2. С. 59–65.
- Хрисанов В.А., Колмыков С.Н., Маньшиев В.В. Развитие и распространение карстовых процессов и их районирование и инженерно-геоморфологическая оценка на территории Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета // Естественные науки. 2016. Вып. 34. № 4(225). С. 130–137.
- Экологические функции литосферы / Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабоскина Т.А. и др. / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2000. 432 с.
- Halim A., Shapiro A., Lantz A.E., Nielsen S.M. Experimental Study of Bacterial Penetration into Chalk Rock: Mechanisms and Effect on Permeability // Transp. Porous Med (2014) 101: 1–15.

Статья поступила в редакцию 05.03.2024,  
одобрена после рецензирования 21.03.2024,  
принята к публикации 19.06.2024