

Особенности эколого-геологических систем массивов крупнообломочных грунтов

В. А. Королёв

Московский государственный университет, г. Москва, Россия;
e-mail: va-korolev@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/000-0002-3156-4146>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
05.06.2023;

принята
к публикации
25.08.2023

Ключевые слова:

эколого-геологическая
система,
крупнообломочный
грунт,
литотоп,
эдафотоп,
микробиоценоз,
фитоценоз,
зооценоз

Эколого-геологические системы, формирующиеся на массивах из крупнообломочных грунтов, обладают рядом характерных особенностей как абиотических компонентов (литотопа, эдафотопа), так и биотических (микробиоценоза, фито- и зооценоза). Выявлено, что структура и функционирование указанных эколого-геологических систем (ЭГС) в значительной степени определяются особенностями их литотопа – сложно построенными массивами крупнообломочных грунтов с определенным генезисом (относящемся к элювиальному, водному, ледниковому, склоновому или вулканогенно-осадочному ряду), геологическим строением, рельефом и экзогенными геологическими процессами, развитыми в пределах данных массивов. К основным особенностям литотопа ЭГС массива крупнообломочных грунтов относятся следующие: 1) дискретность строения массива, обусловленная обломками пород разной крупности; 2) форма обломков; 3) наличие и особенности порового заполнителя; 4) химико-минеральный состав обломков; 5) засоленность грунта; 6) геохимическая миграция веществ; 7) физико-механические свойства грунта; 8) выветриваемость грунта; 9) его обводненность; 10) выраженность в рельефе; 11) парагенез современных экзогенных геологических процессов (выветривание, эрозия, криогенные процессы, а также склоновые гравитационные процессы: обвалы, осыпи, каменные лавины и др.). Этот абиотический компонент влияет как на формирование почв, так и на формирование микробиоценозов, фито- и зооценозов, развитых в пределах этих систем. Рассмотрены особенности конкретной ЭГС массива крупнообломочных грунтов на примере гор Большой и Малый Ирмель на Южном Урале (Республика Башкортостан), для специфического биоценоза которых характерен бореальный горно-таежный тип. В формировании их фитоценозов большую роль играют лишайники-эпилиты накипного типа.

Для цитирования

Королёв В. А. Особенности эколого-геологических систем массивов крупнообломочных грунтов. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 1. С. 67–82. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-1-67-82>.

Peculiarities of ecological and geological systems of coarse-clastic soil massifs

Vladimir A. Korolev

Moscow State University, Moscow, Russia;
e-mail: va-korolev@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/000-0002-3156-4146>

Article info

Received
05.06.2023;

accepted
25.08.2023

Key words:

ecological and geological
system,
coarse clastic soil,
lithotope,
edaphotope,
microbial cenosis,
phytocenosis,
zoocenosis

Abstract

Ecological and geological systems formed on massifs of coarse clastic soils have a number of characteristic features of both abiotic components (lithotope, edaphotope) and biotic (microbiocenosis, phyto- and zoocenosis). It has been revealed that the structure and functioning of these ecological and geological systems (EGS) are largely determined by the features of their lithotope – complexly built massifs of coarse clastic soils with a certain genesis (relating to the eluvial, water, glacial, slope or volcanogenic-sedimentary series), geological structure, relief and exogenous geological processes developed within these massifs. The main features of the EGS lithotope of the coarse-grained soil massif include the following: 1) discrete structure of the massif due to rock fragments of different sizes; 2) the shape of the debris; 3) the presence and features of the porous filler; 4) chemical and mineral composition of fragments; 5) soil salinity; 6) geochemical migration of substances; 7) physical and mechanical properties of the soil; 8) soil weathering; 9) its water cut; 10) expressiveness in relief; 11) paragenesis of modern exogenous geological processes (weathering, erosion, cryogenic processes, as well as slope gravitational processes: landslides, screes, stone avalanches, etc.). This abiotic component affects both the formation of soils and the formation of microbiocenoses, phyto- and zoocenoses developed within these systems. The features of a specific ecological-geological system of a coarse-clastic soil massif are considered on the example of the Big and Small Iremel mountains in the Southern Urals (Republic of Bashkortostan), whose specific biocenosis is characterized by a boreal mountain-taiga type. Scale-type epilithic lichens play an important role in the formation of their phytocenoses.

For citation

Korolev, V. A. 2024. Peculiarities of ecological and geological systems of coarse-clastic soil massifs. *Vestnik of MSTU*, 27(1), pp. 67–82. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-1-67-82>.

Введение

Важнейшим объектом исследований экологической геологии и геоэкологии является эколого-геологическая система (ЭГС), структура и систематика которой была предложена В. Т. Трофимовым (Трофимов, 2009). Природная ЭГС состоит из абиотических компонентов (литотопа – массива грунтов как литогенной основы эколого-геологической системы и эдафотопа – почв) и биотических компонентов (микробоценоза, фитоценоза и зооценоза), взаимосвязанных и взаимообусловленных между собой (Трофимов, 2009). Однако к настоящему времени особенности многих эколого-геологических систем и их систематика изучены недостаточно. В частности, слабо охарактеризованы особенности ЭГС массивов крупнообломочных грунтов (Королёв, 2021; Королёв и др., 2022).

Целью работы является выявление общих особенностей эколого-геологической системы массива крупнообломочных грунтов, а также их характеристика на примере ЭГС массива Иремель.

Материалы и методы

В работе использованы результаты полевых наблюдений в пределах эколого-геологической системы массивов крупнообломочных грунтов гор Малый и Большой Иремель на Южном Урале, накопленные за разные годы, обобщены опубликованные данные по природным условиям изучаемого региона, свойствам различных крупнообломочных грунтов, а также по особенностям биоценозов, формирующимся на массивах крупнообломочных грунтов.

Горный массив Иремель входит в полосу центральных, наиболее высоких возвышенностей Южного Урала. Здесь выделяют Большой и Малый Иремель, которые поднимаются на общем основании горного массива (рис. 1).



Рис. 1. Космоснимок расположения района исследований
Fig. 1. The satellite image of the location of the area under study

Большой Ирмель (рис. 1) венчается платообразной вершиной, называемой "Кабан" и достигающей высоты 1 586 м. От центральной части Б. Ирмеля отходят два отрога: один на северо-запад под названием "Жеребчик", другой на юго-запад, заканчивающийся скалами "Синяк". На северо-восток от "Кабана" идет длинная седловина, являющаяся продолжением основной оси Ирмельского массива и связывающая Большой Ирмель с Малым. Малый Ирмель (рис. 1) несет на себе 5 сопковидных каменистых вершин со стенообразными скалистыми останцами. Малый Ирмель к востоку понижается крутыми террасированными склонами. В целом, вся горная группа Ирмеля имеет форму овала, вытянутого по главной оси с северо-востока на юго-запад на 20 км (Халитов, 2018).

В качестве анализируемого материала привлекались данные полевых маршрутных наблюдений, геологических, ботанических, энтомологических и иных коллекций, собранных на этой территории. Методологическая основа исследования – системный анализ, с помощью которого были выявлены системные признаки изучаемого объекта и его главные особенности.

Результаты и обсуждение

Эколого-геологические системы, формирующиеся на массивах из крупнообломочных грунтов, обладают особой структурой и рядом характерных особенностей как абиотических, так и биотических компонентов.

Структура природной эколого-геологической системы массива крупнообломочных грунтов показана на рис. 2. Биотоп этой ЭГС, состоящий из литотопа, гидротопа и эдафотопа, отличается по своим характеристикам от такового для ЭГС массивов других грунтов как скальных, так и дисперсных. При этом ее литотоп характеризуется специфическим рельефом (преимущественно предгорным и горным), составом грунтов (крупнообломочные грунты), специфическим парагенезом экзогенных геологических процессов, формирующих геодинамическое поле (*ГДП*) этой ЭГС, в составе которых преобладают гравитационные склоновые процессы, а также – специфическим геохимическим полем (*ГХП*), отличительными чертами которого являются его транзитный характер и способность к активной миграции различных веществ. Последнее обусловлено низкой сорбционной (поглотительной) способностью крупнообломочных грунтов по сравнению с другими дисперсными грунтами.

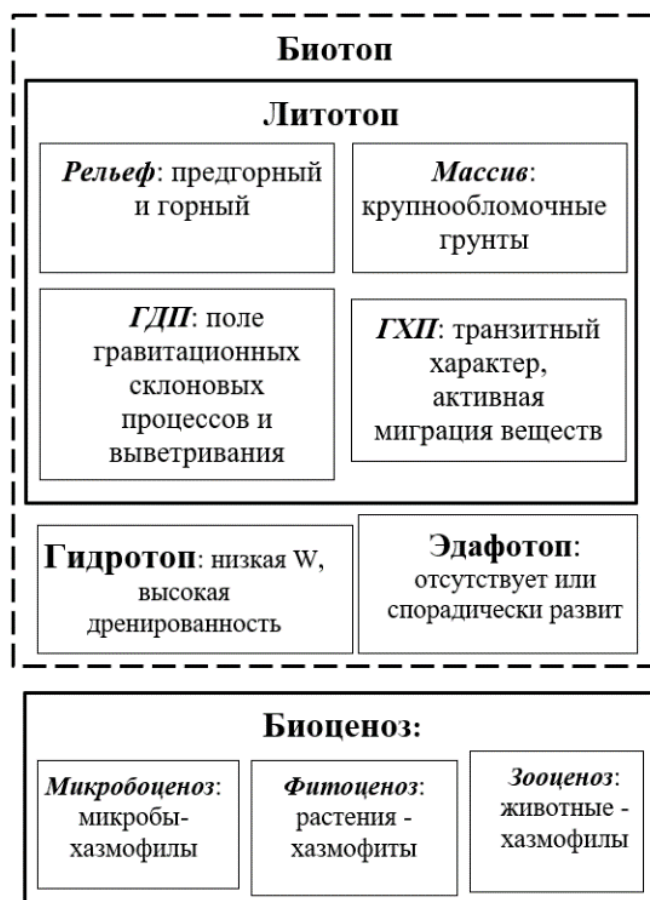


Рис. 2. Структура природной эколого-геологической системы массива крупнообломочных грунтов.

ГДП – геодинамическое поле; *ГХП* – геохимическое поле

Fig. 2. The structure of the natural ecological-geological system of coarse clastic soils massif.

GDF – geodynamic field; *GChF* – geochemical field

Гидротоп данной ЭГС также имеет существенные отличия от ЭГС массивов других грунтов. Они заключаются в том, что грунты, формирующие этот гидротоп, преимущественно маловлажные и их отличает высокая дренированность, обусловленная высокими коэффициентами фильтрации крупнообломочных грунтов, достигающими 200 и более м/сут.

Эдафотоп в структуре данной ЭГС имеет подчиненное значение, так как он может или совсем отсутствовать (в этом случае ЭГС будет неполной), или быть представленным только спорадически развитыми почвами.

Биоценоз в структуре ЭГС массива крупнообломочных грунтов всегда представлен тремя обязательными компонентами: микробиоценозом, фитоценозом и зооценозом, хотя все эти компоненты также отличаются по своим характеристикам от ЭГС массивов других грунтов, о чем будет сказано ниже.

Рассмотрим подробнее характерные особенности абиотических и биотических компонентов ЭГС.

Общие особенности абиотических компонентов ЭГС массивов крупнообломочных грунтов

К абиотическим компонентам ЭГС массивов крупнообломочных грунтов относится их литотоп, характеризуемый составляющими его грунтами (массивом или грунтовой толщей), рельефом и существующими в массиве геохимическими, геодинамическими и геофизическими полями, а также гидротопом.

Литотопы ЭГС массивов крупнообломочных грунтов могут быть представлены различными гранулометрическими разностями, указанными в табл. 1. Гранулометрический состав этих грунтов определяется согласно классификации ГОСТ 25100-2020¹.

Таблица 1. Литотопы природных однородных эколого-геологических систем массивов крупнообломочных грунтов

Table 1. Lithotopes of natural homogeneous ecological-geological systems of large clastic soil massifs

Генезис	Литотоп	Эколого-геологическая система		
		аккумулятивная	транзитно-аккумулятивная	транзитная
	Крупнообломочный окатанный*			
Осадочный, вулканогенно-осадочный	валунный	–	ледниковая	ледниковая
	галечниковый	морская	ледниковая, морская	ледниковая, морская, аллювиальная
	гравийный	морская	ледниковая, морская, деляпсивная	ледниковая, морская, аллювиальная
	Крупнообломочный неокатанный*			
	глыбовый	элювиальная	коллювиальная, деляпсивная	аллювиальная, вулканогенно-осадочная
	щебнистый	элювиальная	коллювиальная, деляпсивная	аллювиальная, вулканогенно-осадочная
	дресвяный	элювиальная	коллювиальная, деляпсивная	аллювиальная, вулканогенно-осадочная

Примечание. * С дисперсным заполнителем или без него, соответственно.

По генезису массивы крупнообломочных грунтов могут относиться к элювиальному, водному, ледниковому, склоновому и вулканогенно-осадочному ряду. Элювиальные крупнообломочные грунты образуются в основном в результате процессов физического, в том числе криогенного, выветривания и представлены неокатанными глыбами (камнями), щебнем и дресвой. К грунтам водного ряда относятся генетические типы крупнообломочных грунтов, образующихся в результате морской абразии и речной эрозии и представленные хорошо окатанными валунами, галькой и гравием. Крупнообломочные грунты ледникового генезиса формируются в результате деятельности ледников и представлены валунниками и моренными отложениями с тем или иным содержанием валунов, гальки и гравия разной степени окатанности. К крупнообломочным грунтам склонового ряда относятся грунты, образовавшиеся в результате гравитационных процессов и представленные такими генетическими типами, как коллювий (обвальный – дерупций и сейсмодерупций, осыпной – десерпсий), деляпсий (каменные лавины), десерпций (криодесерпций, термодесерпций и гидродесерпций). Крупнообломочные грунты склонового ряда состоят из неокатанных обломков пород, как правило, не подверженных сортировке. Крупнообломочные грунты вулканогенно-осадочного генезиса также состоят из неокатанных остроугольных обломков.

К основным особенностям литотопа ЭГС массива крупнообломочных грунтов относятся следующие (табл. 2).

¹ ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. М., 2020. 38 с.

Таблица 2. Общие особенности эколого-геологических систем массивов крупнообломочных грунтов
 Table 2. General features of ecological-geological systems of large clastic soil massifs

Особенности абиотических компонентов ЭГС	Особенности эдафотопы и биотических компонентов ЭГС			
Литотоп	Эдафотоп	Микробоценоз	Фитоценоз	Зооценоз
– дискретность строения массива и высокая открытая пористость; – различная форма обломков; – высокая роль порового заполнителя; – зависимость минерального состава, засоленности, проницаемости и физико-механических свойств от состава материнских пород и заполнителя; – низкая влажность в зоне аэрации и высокая выветриваемость; – характерный рельеф; – специфический парагенез экзогенных геологических процессов	– меньшее* разнообразие генетических типов почв вплоть до их отсутствия (очаговое распространение); – развитие почв только на грунтах с заполнителем; – меньшая мощность почв; – меньшее видовое разнообразие почвенных микро- и макроорганизмов; – меньшая биомасса почвенных организмов; – приуроченность к корам выветривания	– преобладание микробов-хазмофилов; – меньшее видовое разнообразие и плотность популяций микробов; – меньшая биомасса микробов; – приуроченность микробных сообществ к заполнителю	– преобладание растений-хазмофилов; – меньшее видовое разнообразие растений; – большая роль лишайников-эпилитов; – большая фитомасса на грунтах с заполнителем; – меньшая биомасса растений; – подчинение фитоценозов широтной и высотной зональности (поясности)	– преобладание животных-хазмофилов; – меньшее видовое разнообразие животных; – отсутствие подземных роющих животных; – меньшая общая биомасса животных; – преобладание беспозвоночных животных; – приуроченность животных к стабилизированным участкам массивов

Примечание. * Меньшее – здесь и далее имеется ввиду по сравнению с ЭГС массивов других дисперсных грунтов.

1. *Дискретность строения* массива, обусловленная обломками пород разной крупности, формирует специфическое поровое (пустотное) пространство с весьма крупными межобломочными порами, соизмеримыми с размером самих обломков и лежащими в пределах от 2 мм до 20–50 см и более. Объем и структура порового пространства этих грунтов зависят от степени однородности гранулометрического состава и формы обломков. Наибольшая пористость характерна для однородных (монодисперсных) по гранулометрическому составу крупнообломочных грунтов. С увеличением неоднородности пористость уменьшается.

2. *Форма обломков* отражает генезис породы и влияет на многие свойства крупнообломочных грунтов. Округлая форма крупных обломков, обусловленная окатыванием в ходе транспортировки грунтов аллювиального, морского или ледникового генезиса, формирует большую проницаемость грунтов по сравнению с неокатанными обломками, образующимися в результате выветривания, эоловых или гравитационных процессов – обвалов, осыпей и т. п. Окатанность крупных обломков аллювия в русловом потоке осуществляется в основном за счет обтирания обломков переносимым с большой скоростью гравийным и песчаным материалом. Поэтому она быстро увеличивается на первых километрах течения, а затем медленно растет, приближаясь к некоторому пределу. Морская галька характеризуется лучшей окатанностью и почти симметричной формой (шарообразной, дискообразной, эллипсоид вращения), а речная – худшей и часто асимметрична. Окатанность крупных обломков ледниковых моренных отложений зависит от дальности транзита и состава пород. Обломки водно-ледниковых отложений лучше окатаны, чем моренные. Неправильную, угловатую и неокатанную форму имеют ветрогранники, образующиеся на поверхности за счет обтачивания крупных обломков песчинками, переносимыми ветром (*Воскресенский, 1980; Борсук и др., 2015*).

3. Существенную роль играет наличие или отсутствие *порового заполнителя и его вид*: при наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40 % (по массе) или глинистого заполнителя более 30 % свойства грунта резко меняются и в наименовании такого грунта должны приводиться и содержание заполнителя, и его состояние. Количество и вид порового заполнителя во многом определяют транзитные свойства массива (проницаемость) и объем его геологического пространства, доступного для биоты в качестве среды обитания и убежища. Крупнообломочные грунты без заполнителя обладают самыми высокими коэффициентами фильтрации среди всех грунтов, достигающими 200 м/сут и более (в отдельных случаях может превышать тысячу метров в сутки).

4. *Химико-минеральный состав* крупнообломочных грунтов, особенно без заполнителя, полностью зависит от петрографического состава обломков материнской породы и может быть представлен различными грунтами магматического, метаморфического или осадочного генезиса. Вместе с тем крупнообломочные грунты без заполнителя являются незасоленными, тогда как грунты с заполнителем могут быть в той или иной степени засоленными, что сказывается на формировании биоценоза.

5. *Засоленность* крупнообломочных грунтов определяется согласно ГОСТ 25100-2020² и в целом (особенно для грунтов с заполнителем) увеличивается в соответствии с климатической зональностью с севера на юг.

6. *Геохимическая миграция* элементов в массивах крупнообломочных грунтов без заполнителя отвечает промывному режиму, при наличии песчано-глинистого заполнителя может иметь сложный характер.

7. Для крупнообломочных грунтов характерен большой диапазон изменения *прочностных и деформационных характеристик*. Такие грунты без заполнителя обладают большей прочностью и меньшей деформируемостью, чем с заполнителем.

8. Для многих крупнообломочных грунтов характерна высокая *выветриваемость*, которая обусловлена их химико-минеральным составом и климатическими факторами. Такие грунты при содержании песчано-глинистого заполнителя более 10 % необходимо характеризовать и по степени выветрелости согласно ГОСТ 25100-2020³.

9. Крупнообломочные грунты не удерживают воду. Поэтому их *влажность* обычно не велика и зависит от условий обводненности и положения в разрезе относительно уровня подземных вод. Для них характерна низкая и средняя обводненность на равнинных гумидных территориях и низкая в горах и аридных районах, включая пустыни.

10. Для массивов крупнообломочных грунтов характерны определенные *формы рельефа*. Денудационно-эрозионный и денудационно-аккумулятивный рельефы характерны для горных и предгорных регионов, где крупнообломочные грунты образуются в результате процессов выветривания. На равнинных территориях крупнообломочные грунты формируют эрозионно-аккумулятивный и аккумулятивный рельефы в результате процессов речной и ледниковой эрозии.

11. В пределах массивов крупнообломочных грунтов формируются специфические парагенезы современных *геологических процессов*, таких как выветривание, гравитационные склоновые процессы (обвалы, осыпи, каменные лавины), курумы, эрозия и др.

² ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. М., 2020. 38 с.

³ Там же.

Общие особенности биокосных и биотических компонентов ЭГС массивов крупнообломочных грунтов

Своими характерными особенностями отличаются и биокосные (эдафотоп) и биотические компоненты ЭГС крупнообломочных грунтов – микробоценоз, фито- и зооценоз, что отражено в табл. 2.

Особенности эдафотона. Почвы, формирующиеся на массивах крупнообломочных грунтов, имеют очаговое (не сплошное) распространение или вообще отсутствуют. Например, на активных осыпных склонах почвы не образуются. Они также не формируются на активных курумах, хотя на стабилизированных курумниках, особенно вне криолитозоны, на них могут возникать очаговые эдафотопы.

Другим фактором, обуславливающим образование эдафотона на массивах крупнообломочных грунтов, является гранулометрический состав обломков: на массивах валунных и глыбовых грунтов, состоящих из наиболее крупных обломков, почвы не образуются; лишь на дресвяных и гравийных грунтах иногда создаются условия для образования почв.

Важное значение имеет также наличие или отсутствие заполнителя в крупнообломочных грунтах: при его наличии, особенно глинистого состава, эдафотоп формируется гораздо быстрее, чем при отсутствии заполнителя.

Мощность почв, образующихся на массивах крупнообломочных грунтов, обычно не велика и зависит от состава материнских пород, тепло- и влагообеспеченности (климатической зональности), активности элювиальных процессов, приводящих к разрушению крупных обломков.

Особенности микробоценоза ЭГС массивов крупнообломочных грунтов плохо изучены. Однако можно уверенно заключить, что микробоценозы на крупнообломочных грунтах более бедны и в видовом, и в популяционном отношении, по сравнению с микробоценозами, образующимися на массивах иных дисперсных или скальных грунтов ввиду отсутствия благоприятной для микробов среды обитания в таких грунтах. Отмечается большее количество микроорганизмов в крупнообломочных грунтах с заполнителем, по сравнению с таковыми без заполнителя. Кроме того, на очагах почв, а также на лишайниках и редкой растительности можно отметить увеличение численности микроорганизмов в массивах крупнообломочных грунтов.

Особенности фитоценоза. Для массивов крупнообломочных грунтов огромную роль в формировании фитоценоза играют эпилитные лишайники – они первыми заселяют поверхности обломков пород, обуславливая развитие процесса биологического выветривания. Многими авторами отмечается ведущая роль эпилитных лишайников в этом процессе (Плюснин, 2009; Королёв, 2023).

При этом наибольшее развитие популяций эпилитных лишайников отмечается на стабилизированных осыпях, стабилизированных каменных развалах, стабилизированных курумниках и т. п., по сравнению с активными массивами крупнообломочных грунтов.

Что же касается высших растений, то на массивах крупнообломочных грунтов доминируют растения-хазмофиты, многие из которых относятся к облигатным видам. Ряд из них приспособляется к жизни даже на активных осыпях. В целом же видовое разнообразие высших растений на крупнообломочных грунтах невелико по сравнению с другими дисперсными грунтами. Наибольшая фитомасса формируется на грунтах с заполнителем. Древесные растения на таких грунтах почти отсутствуют, за редким исключением некоторых стелящихся форм.

Особенности зооценоза. В составе зооценозов ЭГС массивов крупнообломочных грунтов преобладают беспозвоночные организмы, особенно членистоногие. Они находят условия для устройства гнезд и убежищ в полостях крупнообломочных грунтов. Многие из них ведут ночной образ жизни, скрываясь днем в пустотах между крупными обломками и выходя ночью за пропитанием. Для многих насекомых характерно развитие в личиночных стадиях именно в пустотах между камнями. При этом они предпочитают стабилизированные толщи крупнообломочных грунтов.

В таких грунтах практически не встречаются роющие млекопитающие – кроты, землеройки и др. Лишь некоторые виды мелких млекопитающих находят себе условия для создания нор и убежищ в крупнообломочных грунтах. Большинство же крупных млекопитающих посещает массивы крупнообломочных грунтов лишь эпизодически. То же самое относится и к птицам.

Таким образом, вышеперечисленные особенности абиотических и биотических компонентов обуславливают и специфические ЭГС массивов крупнообломочных грунтов в целом. Рассмотрим эти особенности на примере ЭГС массива крупнообломочных грунтов хребта Ирмель.

ЭГС массивов крупнообломочных грунтов гор Ирмель

Эколого-геологические системы массивов крупнообломочных грунтов широко распространены во многих горных регионах, в том числе в горных районах Урала. Один из них – горный массив Ирмель, который входит в полосу центральных, наиболее высоких возвышенностей Южного Урала. Различают Большой и Малый Ирмель, которые поднимаются на общем основании горного массива (см. рис. 1).

Литомон эколого-геологической системы массива крупнообломочных грунтов массива Иремель представлен многочисленными каменными развалами и курумниками (рис. 3 и 4).

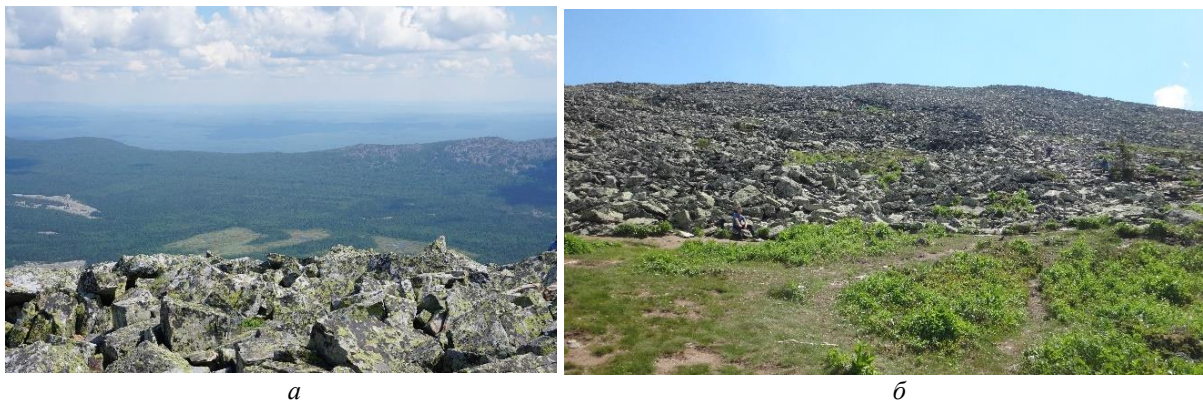


Рис. 3. Каменные развалы на вершине горы Большой Иремель (фото С. В. Королёва, 2022)
 Fig. 3. Stone collapses on the top of Mount Big Iremel (photo by S. V. Korolev, 2022)

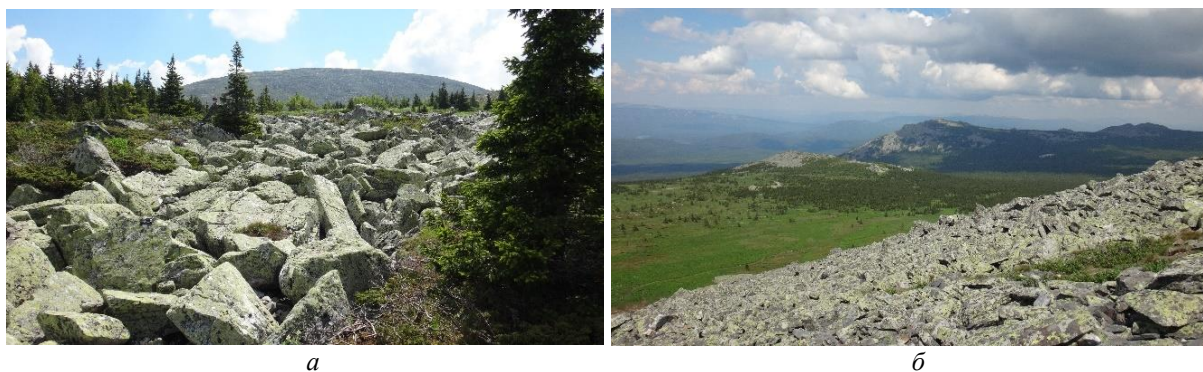


Рис. 4. Шлейфы крупнообломочных грунтов на склонах горы Большой Иремель
 (фото С. В. Королёва, 2022)
 Fig. 4. Plumes of coarse-grained soils on the slopes of Mount Big Iremel (photo by S. V. Korolev, 2022)

В геологическом отношении массив горы Иремель представляет собой крупное антиклинальное поднятие, в ядре которого на дневной поверхности отмечаются терригенные образования зигальгинской свиты среднего рифея, состоящие преимущественно из кварцитовидных песчаников и кварцитов с подчиненными прослоями углесодержащих сланцев.

Наиболее распространенный грунт горного массива Иремель представлен сланцами мусковит-хлорит-кварцевого состава (табл. 3). Этот грунт характеризуется относительно высоким содержанием кремния, алюминия, железа и калия, что связано с главными породообразующими минералами: кварцем и минералами группы хлорита.

Таблица 3. Химический состав пород каменных развалов массива Иремель, % (Халитов, 2018)
 Table 3. Chemical composition of the rocks of the stone ruins of the massif of Iremel, % (Khalitov, 2018)

ппп	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O	S _{общ}
2,35	76,07	0,55	12,89	4,50	0,13	0,67	0,11	0,53	2,05	0,02	0,01

На поверхности массива Иремель развиты курумники, каменные россыпи и осыпи из крупнообломочных грунтов (рис. 3–5). Каменистые россыпи (каменные развалы) представляют собой элювиально-делювиальные образования крупнообломочных продуктов распада коренных пород: глыб кварцевого песчаника величиной от нескольких кубических дециметров до 2–3 м³, а также сланцами хлорит-иллит-кварцевого состава. Происхождение и развитие их связано с неровностями – поверхностями, выступающими в виде боковых хребтов, невысоких гребней, валов, не прикрытых почвенно-растительным покровом (Цветаев, 1960).

Самыми характерными чертами в геоморфологическом облике горного массива Иремель являются плоские поверхности на вершинах и ступенчатые склоны (нагорные террасы), которые распространены соответственно в гольцовом и подгольцовом поясах. Эти формы представлены водораздельными поверхностями в виде горизонтальных или слабо наклоненных площадок и нагорных террас, плоскими горными вершинами

и усеченными сопками с возвышающимися стенообразными скалистыми останцами, ступенчатыми склонами, которые покрыты подвижными каменными россыпями – курумами.



Рис. 5. Развалы крупнообломочных грунтов на вершине горы Большой Иремель
 (фото С. В. Королёва, 2022)

Fig. 5. Collapses of coarse-grained soils at the top of Mount Big Iremel (photo by S. V. Korolev, 2022)

Особенности эдафотона. На горном массиве Иремель было изучено и описано пять почвенных разрезов, от подножия до вершины (Халитов, 2018). Их морфометрические характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 4. Морфометрическая характеристика почв горного массива Иремель (Халитов, 2018)
 Table 4. Morphometric characteristics of the soils of the Iremel massif (Khalitov, 2018)

Высота над уровнем моря почвенного разреза, м	Профиль (мощность, см)	Название почвы
600	O(0-5)–EL(5-10)–BEL(10-41)–BT(41-80)–BC(80-90)	Торфянисто-подзолистая легкосуглинистая почва на суглинистом делювии
1 300	O(0-5)–AU(5-22)–AC(22-29)	Перегнойно-темногумусовый литозем легкосуглинистый с обломками на элювии коренных пород
1 330	АН (0-12)–АС (12-32)	Перегнойно-темногумусовый литозем легкосуглинистый с обломками на элювии коренных пород
1 350	T(0-16)	Торфяно-литозем с обломками коренных пород
1 400	O(0-3)–AU(3-18)–AC(18-32)–C(32-65)	Перегнойно-темногумусовая легкосуглинистая с обломками на элювии коренных пород

Все почвы на курумниках распространены фрагментарно: они отсутствуют на вершине массива и появляются лишь в нижних частях склонов (рис. 6). В распространении почв горного массива Иремель прослеживается вертикальная зональность. В горном поясе елово-пихтовых лесов распространены подзолистые почвы. Подгольцовый пояс (1 150–1 300 м) представлен литоземами перегнойно-темногумусовыми. В гольцовом поясе в понижениях развиты темногумусовые почвы (рис. 6).

В разрезе перегнойно-темногумусовой почвы на элювии коренных пород, описанном на пологом платообразном склоне горного массива Иремель на высоте около 1 400 м, выделяются следующие горизонты: O (мощностью 0–3 см) – дернина, состоящая из слаборазложившихся растительных остатков мха, злаков; горизонт AU – (3–18 см) – темно-серый, влажный, рыхлый, мелкокомковатый, легкий суглинок, с корнями трав, редкими мелкими обломками материнской породы. Переход к горизонту замечен по цвету, граница

слабоволнистая; горизонт АС – (18–32 см) – серо-буроватый, плотнее вышележащего, влажный, охристые пятна и полосы по ходу корней, крупнокомковатый, средний суглинок, с корнями растительности, мелкими обломками материнской породы. Переход к горизонту постепенный: горизонт С (32–65 см) – бурый, сырой, мелкокомковатый, средний суглинок с многочисленными обломками коренной породы. Переход к горизонту резкий, граница слабоволнистая (Халитов, 2018).

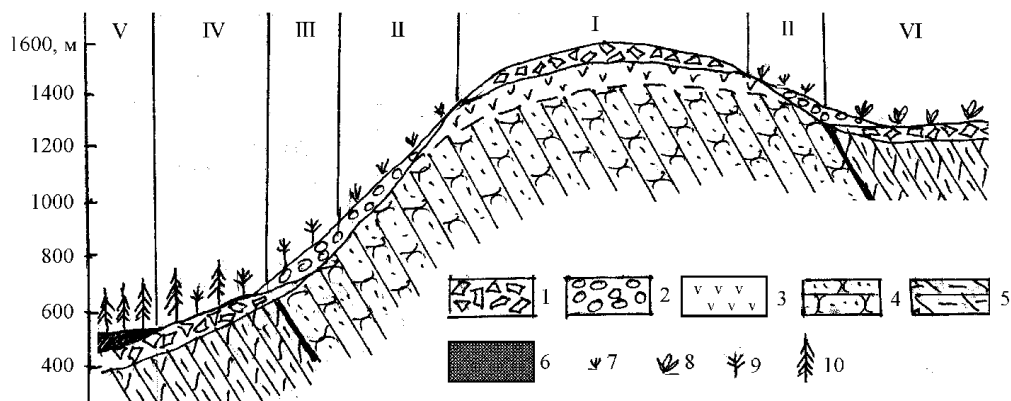


Рис. 6. Схема литотопа и почвенных катен на горном массиве Ирмель (составил В. А. Королёв):

I – каменные развалы с эпилитными лишайниками; II – курумники с редкими очагами темногумусовых почв; III – курумники с очагами перегнойно-темногумусовых почв; IV – каменные развалы на плато с очагами подзолистых почв; V – подзолистые и болотные почвы; VI – каменные развалы на плато с очагами темногумусовых почв; 1 – каменные развалы; 2 – курумники; 3 – блочный элювий коренных пород; 4 – песчаники и кварциты среднего рифея; 5 – сланцы среднего рифея; 6 – торфяно-подзолистая почва; 7 – редкие очаги горно-тундровой растительности; 8 – очаги горно-луговой растительности; 9 – подгольцовая растительность; 10 – ель сибирская с пихтой

Fig. 6. Scheme of the lithotope and soil catenas on the Iremel massif (compiled by V. A. Korolev):

I – stone ruins with epilithic lichens; II – kurumniks with rare foci of dark humus soils; III – kurumniks with foci of humus-dark-humus soils; IV – stone ruins on a plateau with pockets of podzolic soils; V – podzolic and marsh soils; VI – stone ruins on a plateau with pockets of dark humus soils; 1 – stone ruins; 2 – kurumniks; 3 – block eluvium of bedrocks; 4 – sandstones and quartzites of the Middle Riphean; 5 – Middle Riphean shales; 6 – peat-podzolic soil; 7 – rare foci of mountain-tundra vegetation; 8 – pockets of mountain-meadow vegetation; 9 – subalpine vegetation; 10 – Siberian spruce with fir

Горно-тундровые почвы встречаются локально на вершинах горного массива Ирмель в пределах плоских мелкоземистых участков, окруженных каменными россыпями – курумниками. Эти почвы развиваются под травянисто-моховыми и лишайниковыми тундрами. Они не имеют развитого генетического профиля и залегают непосредственно на коренных породах.

В целом географическое распределение почв на массиве Ирмель связано с физико-географическими условиями почвообразования. На горном массиве Ирмель происходит вертикальная смена природных зон в последовательности: лесостепная – таежная – горно-луговая – тундровая. Почвы горно-луговой и тундровой зон являются уникальными для территории Республики Башкортостан и Южного Урала. Выявлено, что западный склон Южного Урала в плане почвенного покрова представляет контрастную смену почвенных разностей, отличающуюся от равномерных смен в пределах предгорных экотонів Предуралья и Сыртовых возвышенностей юга Башкирии. Это выражается в быстрой и контрастной смене почв типов, отличающихся друг от друга в высотном градиенте, что подтверждается выводами классификационной таксономической идентификации почв по субстантивно-морфологическим признакам (Халитов, 2018).

Особенности микробиоценоза. Природный микробиоценоз ЭГС массива Ирмель сформировался под влиянием геологических, климатических и биологических факторов. Однако в целом, микробные сообщества здесь не столь многочисленны, как в более южных регионах Урала. Наибольшее видовое разнообразие микроорганизмов (бактерий, низших водорослей и грибов) отмечается в почвах этого массива. Но поскольку в верхних частях массива Ирмель почвы почти не развиты и встречаются очагово в понижениях, то и микрофауна развита слабо. Большинство отмеченных здесь микроорганизмов, в основном азотфиксирующих бактерий, являются симбиотическими, чья жизнедеятельность связана с лишайниками, растениями и животными.

Собственно поверхностные крупнообломочные грунты (курумники) массива Ирмель бедны микроорганизмами и плохо изучены.

Особенности фитоценоза. Растительный покров горного массива Ирмель характеризуется проявлением закономерностей высотной поясности континентального типа умеренных широт в средневысотной горной

стране. Пояса изменяются от лесостепей предгорных равнин, представленных на высотах от 300–350 до 650–700 м, поясом широколиственных и смешанных лесов на западных склонах и сосново-березовых лесов во внутренних долинах и на восточных склонах, а на высотах от 650–700 до 1100–1200 м – поясом горной елово-пихтовой тайги, развитым на более высоких хребтах центральной возвышенной полосы. Растительность подгольцового и гольцового поясов представлена мелколесьем, стланиковыми кустарниками, горными лугами и тундрами (Цветаев, 1960).

На высоте 1 300–1 400 м начинается гольцовый пояс горного массива Иремель. Все растения здесь приспособлены к переживанию суровых малоснежных зим, а генетическое большинство из них связано с кустарниковыми и лесными формациями.

Главное место в растительном сообществе принадлежит мхам и лишайникам, которые покрывают большую часть поверхности нагорных террас, образуя горные тундры. Из мхов наиболее распространен кукушкин лен. Из лишайников – накипные и листоватые на камнях, кустистые и различные виды кладонии (олений мох) между камнями и на почвах (Цветаев, 1960).

В горно-тундровом поясе ЭГС массива Иремель насчитывается около 106 видов лишайников, из них 59 видов относятся к эпигейным, т. е. развивающимся на почве, а доля эпилитных и эпифитных примерно одинакова (рис. 7) (Плюснин, 2009).



Рис. 7. Таллом эпилитного лишайника рода ризокарпон (*Rhizocarpon*) на камнях курумника г. Большой Иремель, высота 1 500 м (фото С. В. Королёва, 2022)
Fig. 7. Thallus of epilithic lichen (*Rhizocarpon*) on the stones of the kurumnik of Mt. Big Iremel, height 1 500 m (photo by S. V. Korolev, 2022)

В таксономической структуре лишенофлоры ведущее положение по видовому разнообразию занимают семейства *Cladoniaceae* (43 вида) и *Parmeliaceae* (35). Несколько видов насчитывают семейства *Umbilicariaceae* (8) и *Alectoriaceae* (6). Лишенофлора хребта отличается от таковой в горных тундрах Северного и Приполярного Урала существенно меньшим разнообразием лишайников семейств *Peltigeraceae* и *Stereocaulaceae*.

Растительность каменных россыпей и скал представлена накипными лишайниками желтовато-зеленого и темно-серого цвета и листоватыми лишайниками темно-серого цвета. Их доля в составе ЭГС массива Иремель составляет 22 % относительно общего числа распространенных здесь видов. Между камнями и в понижениях, где накапливается мелкозем, растут кустистые лишайники (Цветаев, 1960).

Состав лишайниковых группировок определяется в первую очередь субстратными условиями. Лихеносинузии по субстратной приуроченности распадаются на три типа: эпилитные, эпигейные и эпифитные. На скалах и каменистых россыпях формируются пионерные группировки, в которых ключевую роль играют именно лишайники. Первоначально каменистые субстраты занимают накипные (эпилитные) лишайники, среди которых наибольшим разнообразием, обилием и встречаемостью характеризуются рода *Pertusaria*, *Lecanora*, *Lecidea*, *Porpidia* и *Rhizocarpon* (рис. 7). На более поздних стадиях сукцессии ведущую роль играют листоватые лишайники семейств пармелиевые и умбиликариевые. Из пармелиевых наиболее характерные виды – *Arctoparmelia centrifuga*, *Brodiaea intestiniformis*, *Melanelia hepaticum*, *M. stygia*, *Parmelia omphalodes* и *P. saxatilis*. Умбиликариевые преимущественно представлены *Lasallia rossica* и четырьмя видами рода *Umbilicaria* – *U. cylindrica*, *U. deusta*, *U. hyperborean* и *U. proboscidea*. Стереокаулоновые эпилитные группировки, очень характерные для горных тундр Северного и Приполярного Урала, на хребте Малый Иремель встречаются крайне редко (Плюснин, 2009).

В эпигейных лихеносинузиях (т. е. развитых на почвах между камнями) также прослеживается постепенная смена группировок. На начальных стадиях сукцессий обнаженный минеральный грунт зарастает криптогамными корочками, в которых немаловажная роль принадлежит накипным лишайникам. Затем в состав лихеносинузий включаются чешуйчатые, бокальчатые и палочковидные кладонии (*Cladonia*).

На стадии формирования сплошного лишайникового покрова доминирующая роль переходит к кустистым кладониям.

Эпифитные лишайниковые группировки (т. е. развитые на растениях) горы Малый Ирмель несколько богаче, чем на Приполярном и Северном Урале.

Таким образом, сравнительный анализ изученной лишайнобиоты горно-тундрового рефугиума показывает выраженные признаки ее обеднения арктомонтанными видами и активного внедрения в ее состав лесных видов. Чувствительными к трансформации ценологических условий оказались представители родов *Nephroma*, *Peltigera*, *Stereocaulon*, *Sphaerophorus*. В то же время многие виды сохраняют свое присутствие в составе лишайниковых группировок, несмотря на происходящие изменения окружающей среды. К их числу относятся виды родов *Cladonia* и *Cetraria*. Стабильный видовой состав на протяжении всего Уральского хребта показывают комплексы эпилитных видов и эпигейных лишайников, заселяющих обнаженные скальные и крупнообломочные породы (Плюснин, 2009).

Для высших растений курумников ЭГС горы Большой Ирмель характерны хазмофиты (рис. 8, 9).



Рис. 8. Качим уральский (*Gypsophila uralensis*) (а) и ясколка енисейская (*Cerastium jenisejense*) (б) среди каменистых развалов на г. Большой Ирмель, высота 1 500 м (фото М. Скотниковой, 2019)

Fig. 8. Ural kachim (*Gypsophila uralensis*) (a) and Yenisei chickweed (*Cerastium jenisejense*) (b) among the stony ruins on Mt. Big Iremel, height 1 500 m (photo by M. Skotnikova, 2019)



Рис. 9. Стланик можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica*), высота 1 400 м (а) и граница нижней части курумника со смешанным лесом и сибирской елью (*Picea obovata*) (б) на курумнике г. Большой Ирмель (фото С. В. Королёва, 2022)

Fig. 9. Siberian juniper dwarf (*Juniperus sibirica*), height 1 400 m (a) and the border of the lower part of the kurum with mixed forest and Siberian spruce (*Picea obovata*) (b) on the kurum of Mt. Big Iremel (photo by S. V. Korolev, 2022)

Экологические типы *травянистых растений* гольцового пояса здесь следующие (Цветаев, 1960).

- Опушенные психрофилы – растения, имеющие особые приспособления к обитанию во влажных и холодных условиях. Они имеют войлочное опушение листьев с обеих или одной стороны: ива пушистая (*Salix cordata*), лапчатка снежная (*Potentilla nivea*), дриада (*Dryas* sp.).

- Неопушенные психрофилы имеют для защиты от охлаждения воздухоносные полости в стеблях и листьях: сверция (*Swertia* sp.), лаготис уральский (*Lagotis uralensis*), козлец голый (*Scorzonera glabra*). К ним также относятся высококорные суккуленты: радиола ирмельская (*Rhodiola iremelica*) и др.

• Психрофильная группа узколистных злаков с плотными жесткими листьями и стеблями: осоки (*Carex* sp.), овсяница каменистая (*Festuca rupicola*), пушица (*Eriophorum* sp.).

Выделяются следующие типы Ирмельских тундр:

• Травяно-моховая тундра (на высотах 1 300–1 400 м). Здесь мхи составляют основу растительного покрова и придают буровато-зеленую окраску ландшафту. Преобладает кукушкин лен (*Polytrichum juniperinum*), образующий мощную подушку до 10–15 см. Из трав наиболее характерны овсяницы (*Festuca* sp.), осоки (*Carex* sp.), анемоны (*Anemone* sp.), чемерицы (*Veratrum* sp.), раковая шейка (*Bistorta officinalis*), колокольчики (*Campanula* sp.). Из кустарников больше ивы пушистой (*Salix cordata*).

• Овсянице-лишайниково-моховая тундра. В ее составе преобладает овсяница (*Festuca* sp.), образующая плотную дерновину, осоки (*Carex* sp.), анемоны (*Anemone* sp.), лаготис уральский (*Lagotis uralensis*), келерия алтайская (*Festuca altaica*). Из кустарников много ивы пушистой (*Salix cordata*), которая образует куртины заросли. Лишайниково-моховой покров представлен кладониями (*Cladonia*).

• Пятнисто-осоково-ритидиевая тундра. Она по своему виду и флористическому составу схожа с предыдущим типом в связи с суровыми климатическими условиями и развитием каменных россыпей; покрытие растительностью составляет не более 0,6 поверхности.

Травянисто-кустарниковый ярус на задернованных участках довольно густой. В нем преобладают осоки (*Carex* sp.) и анемоны (*Anemone* sp.), меньше – овсяницы (*Festuca altaica*) и дриады (*Dryas* sp.). Из кустарников – ива пушистая (*Salix cordata*).

Особенности зооценоза. В составе зооценоза ЭГС массива Ирмель наиболее многочисленны беспозвоночные, в том числе – членистоногие, относящиеся к бореально-таежной фауне. Из класса паукообразных на массиве Ирмель отмечено два вида гнафозид (*Gnaphosidae*), восемь видов пауков-балдахинников (*Linyphiidae*), семь видов пауков-волков (*Lycosidae*), три вида пауков-крабов (*Thomisidae*) и один вид сенокосцев – *Mitopus morio* (Мухайлов и др., 2016).

Кроме того, из класса губоногих (*Chilopoda*) найдены два вида костянок (*Lithobiidae*) и один вид геофил – *Strigamia pusilla*. Из цикадовых на массиве Ирмель обнаружен один вид – *Mongolojassus bicuspidatus*. Из фауны перепончатокрылых (*Hymenoptera*) встречаются муравьи *Formica aquilonia*. Из клопов (*Heteroptera*) на массиве Ирмель отмечено три вида (Мухайлов и др., 2016).

Весьма разнообразны различные жуки (*Coleoptera*), в том числе жужелицы (*Carabidae*), что неудивительно, так как они относятся к одному из двух ведущих семейств арктической фауны (наряду с сем. *Staphylinidae*), активно осваивающих условия горно-тундровой зоны, в том числе на вершинах массива Ирмель. Из жуков, занесенных в Красную книгу РФ, на массиве Ирмель отмечена жужелица Карпинского (*Carabus karpinskii*) (Захаров и др., 2000). Кроме того, тут обнаружено 16 видов прочих жужелиц, среди них: *Nebria uralensis*, *Bembidion (Metallina) properan*, *Harpalus (Pseudoophonus) rufipes*, *Dicheirotrichus (Oreoxenus) mannerheimi ponojensis*, *Microlestes minutulus*, *Pterostichus (Cryobius) kaninensis*, *Pt. (Petrophilus) kokeili archangelicus*, *Pt. (Petrophilus) urengaicus*, *Byrrhus fasciatus*; 1 вид шелкунов – тундровый шелкун (*Hypnoidus rivularius*) – особенно много встречается на горе Малый Ирмель; 2 вида пилольщиков, характерных для горных тундр: *Byrrhus fasciatus*, *B. pilula*; 3 вида листоедов: *Chrysolina (Pleurosticha) lagunovi*, *Ch. (Arctolina) poretzkyi* и *Ch. (Anopachys) relucens*, являющийся эндемиком горы Большой Ирмель, а на Малом Ирмеле отсутствует; 5 видов долгоносиков: *Otiorhynchus (Phalantorrhynchus) politus*, *O. (Postaremus) nodosus*, *Boreohypera diversipunctata*, *Trichalophus biguttatus*, *Tr. biguttatus* (Мухайлов и др., 2016). Многие из отмеченных здесь видов жужелиц являются эндемиками Южного Урала.

Спектры широтных (широтнo-высотных) элементов в сообществах герпетобионтных членистоногих обследованных двух вершин массива Ирмель почти совпадают друг с другом и включают альпийские⁴ (здесь с ними объединены монтанно-альпийские, монтанные и альпийско-предгорные), арктоальпийские, бореомонтанные (включая аркто-бореомонтанные и гипоаркто-бореомонтанные), бореальные (и аркто-бореальные), температурные (включая суббореальные) и полизональные виды (рис. 10).

Фауна булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*) на массиве Ирмель исследовалась А. Ш. Габидуллиным (Габидуллин, 1987), М. Г. Миграновым (Мигранов, 1991) и к настоящему времени довольно хорошо изучена. Из чешуекрылых, занесенных в Красную книгу РФ, здесь обитают парусники (*Papilionidae*): эндемичный подвид парнассуса Аполлона (*Parnassius apollo limicola*), мнемозина (*Parnassius mnemosyne*) и махаон (*Papilio machaon*); из семейства нимфалид (*Nymphalidae*) встречается адмирал (*Vanessa atalanta*) (Горбунов и др., 1992).

Кроме того, на массиве Ирмель отмечены толстоголовки *Ochlodes venatus* и *Mushampia tessellum*; белянки *Leptidea sinapis*, *Aporia crataegi*, *Pontia daplidice*, *P. chloridice*, *Anthocharis cardamines*, *Euchloe simplonia*, *Pieris napi*, *P. brassicae*, *P. rapae*; желтушки *Colias palaeno*, *C. hyale*; бархатницы *Lopinga achine*, *Lasiommata maera*, *Hyponephele lycaon*, *Aphantopus hyperanthus*, *Hipparchia autonoe* (рис. 11, а), *Satyrus dryas*, *Melanargia russiae*, *Erebia cyclopius*, *E. aethiops*, *E. ligea*, *E. euryale*, *Coenonympha arcania*, *C. glycerion*,

⁴ Альпийскими тут названы виды, обитающие выше границы леса независимо от ее абсолютной высоты, как это принято в рамках программы GLORIA (Pauli et al., 2015).

Oeneis jutta; нимфалиды: *Nymphalis urticae*, *Polygonia vau-album*, *P. c-album*, *Apatura ilia*, *Melitaea didyma*, *M. cinxia*, *M. diamina*, *M. aurelia*, *M. athalia*, *Argynnis lathonia*, *A. paphia*, *A. aglaja*, *A. niobe*, *A. adippe*, *A. ino*, *Clossiana euphrosyne*, *Boloria aquilonaris*, *Clossiana selene*, *C. titania*, *C. Thore*, а также многочисленные голубянки: *Neolycaena rhymnus*, *Nordmannia spini*, *Fixsenia pruni*, *Lycaena helle*, *L. virgaureae*, *L. dispar*, *L. hippothoe*, *Polyommatus icarus*, *P. semiargus*, *P. amanda*, *P. artaxerxes*, *P. atys*, *P. damon*, *P. eumedon*, *P. nicias*, *P. optilete*, *Plebejus argus*, *P. argyrognomon*, *P. idas*, *Maculinea alcon*, *M. teleius*, *Celastrina argiolus*. Таким образом, всего в составе ЭГС на массиве Иремель отмечено семьдесят три вида булавоусых чешуекрылых (*Lepidoptera*, *Rhopalocera*), большинство из которых относится к альпийским, аркто-альпийским и бореально-таежным видам.

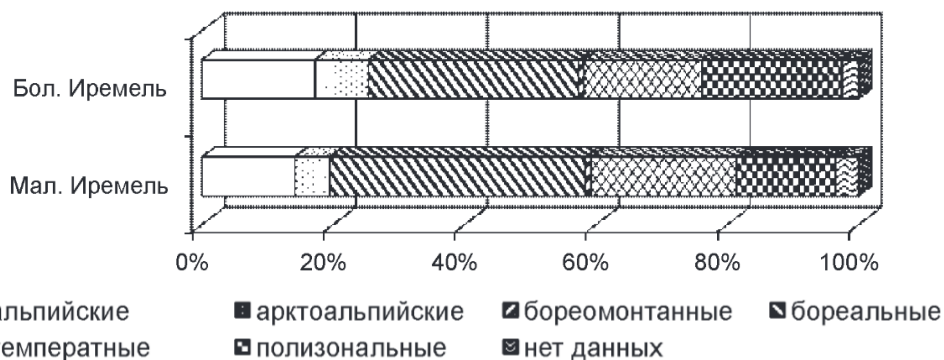


Рис. 10. Спектры зональных (широтно-высотных) элементов в сообществах герпетобионтных членистоногих горных вершин массива Иремель (Мухайлов и др., 2016)

Fig. 10. Spectra of zonal (latitudinal-altitude) elements in communities of herpetobiont arthropod mountain peaks of the Iremel massif (Mikhailov et al., 2016)

Из пресмыкающихся тут встречается живородящая ящерица (*Lacerta vivipara*) (рис. 11, б) и некоторые змеи, находящие и устраивающие укрытия в пустотах между камнями.

Орнитофауна довольно многочисленна и разнообразна. Из птиц здесь обычны представители бореальной орнитофауны – лесной конек (*Anthus trivialis*), зяблик (*Fringilla coelebs*), кукушка (*Perisoreus infaustus*) и многие др. В районе массива Иремель отмечены виды птиц, связанные с горными тундрами, криволесьями и подгольцовым поясом темнохвойных лесов Урала. Имеются достаточно стабильные гнездовые группировки кукушки (*Perisoreus infaustus*), черногорлой завирушки (*Prunella atrogularis*), пятнистого сверчка (*Locustella lanceolata*), соловья-красношейки (*Luscinia calliope*), синехвостки (*Luscinia cyanurus*) и ряда других видов. Установлено гнездование номинального подвида дербника, ястребиной совы (*Surnia ulula*), бородатой неясыти (*Strix nebulosa*), беркута (*Aquila chrysaetos*), филина (*Bubo bubo*) и др.



Рис. 11. Сатир автоноя (*Hipparchia autonoe*) (а) и ящерица живородящая (*Lacerta vivipara*) (б) на каменных развалах г. Большой Иремель (фото С. В. Королёва, 2022)

Fig. 11. Autonomous satyr (*Hipparchia autonoe*) (a) and viviparous lizard (*Lacerta vivipara*) (b) on the stone ruins of Mt. Big Iremel (photo by S. V. Korolev, 2022)

Из млекопитающих в составе зооценоза ЭГС массива Иремель отмечены полевки обыкновенная (*Microtus arvalis*) и рыжая (*Myodes glareolus*), еж европейский (*Erinaceus europaeus*), бурозубка обыкновенная (*Sorex araneus*). Иногда на склонах появляется лисица (*Vulpes vulpes*), барсук обыкновенный (*Meles meles*) и заходит северный олень (*Rangifer tarandus*). На массиве Иремель был также обнаружен лемминг лесной

(*Myopus schisticolor*) – вид достаточно редкий на Урале. Необходимо добавить, что в окрестности массива Ирмель наблюдается сезонная миграция многих животных, особенно птиц, обилие животных наблюдается летом.

Таким образом, для ЭГС массива крупнообломочных грунтов хребта Ирмель характерен специфический биоценоз бореально-горно-таежного типа.

Заключение

Обоснована структура эколого-геологической системы массивов крупнообломочных грунтов, учитывающая особенности ее абиотических и биотических компонентов.

Охарактеризованы основные общие особенности эколого-геологических систем массивов крупнообломочных грунтов, которые обусловлены их литотопами. Геолого-геоморфологические особенности литотопа крупнообломочных грунтов оказывают определяющее влияние на формирование своеобразных почвенных условий, а также сообществ микроорганизмов, растений и животных в пределах данных эколого-геологических систем.

Эколого-геологическая система массивов крупнообломочных грунтов гор Ирмель является уникальным природным образованием, в котором сформировалось специфическое сообщество растений-хазмофитов и животных-хазмофилов.

Практическое значение работы связано с возможностью использования ее результатов для обоснования эколого-геологических изысканий на массивах крупнообломочных грунтов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госбюджетной тематики ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова "Эколого-геологические системы: структура, многообразие, систематика и их анализ" (раздел 0110 (для тем по госзаданию), номер 5-4-2021, номер ЦИТИС 121042200089-3). Автор благодарит С. В. Королёва за предоставленные фотографии и материалы полевых исследований на массиве Ирмель.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Борсук О. А., Воскресенский И. С. Морфометрия щебня и галек как показатель условий формирования четвертичных осадков // Актуальные проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена: материалы Всерос. конф. "Марковские чтения 2015 года". М. : Географический факультет МГУ, 2015. С. 41–43.
- Воскресенский И. С. Анализ щебнисто-галечных отложений для целей определения генезиса рыхлых осадков // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 1980. № 4. С. 75–79.
- Габидуллин А. Ш. Реликтовые булавоусые на Южном Урале в составе природного комплекса Ирмель // Булавоусые чешуекрылые СССР. Тез. докл. к семинару "Систематика, фаунистика, экология, охрана булавоусых чешуекрылых", Новосибирск, 2–5 октября 1987 г. Новосибирск, 1987. С. 20–21.
- Горбунов П. Ю., Ольшванг В. Н., Лагунов А. В., Мигранов М. Г. [и др.]. Дневные бабочки Южного Урала. Екатеринбург : УрО РАН, 1992. 132 с.
- Захаров В. Д., Лагунов А. В. Редкие и исчезающие животные Челябинской области // 6 лекций по экологии Челябинской области. Челябинск : ФМЛ № 31, 2000. С. 24–45.
- Королёв В. А., Трофимов В. Т. К построению общей классификации континентальных эколого-геологических систем // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2022. № 1. С. 54–61. DOI: <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2022-1-54-61>. EDN: FLVQMX.
- Королёв В. А. Взаимосвязь литолого-петрографического состава грунтов и видового разнообразия лишайников-эпилитов в эколого-геологических системах // Ломоносовские чтения. Секция геологии. Подсекция инженерной и экологической геологии : науч. конф. : сб. тез. докладов. М., 2023. С. 2–3.
- Королёв В. А. К разработке общей классификации эколого-геологических систем // Географические аспекты устойчивого развития регионов : IV Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 27–29 мая 2021 г. : сб. материалов. Гомель, 2021. С. 381–384.
- Мигранов М. Г. Булавоусые чешуекрылые Башкирии (определитель). Уфа : БНЦ УрО АН СССР, 1991. 132 с.
- Михайлов Ю. Е., Ермаков А. И. Состав и структура сообществ герпетобионтных членистоногих горных вершин Южного Урала // Фауна Урала и Сибири. 2016, № 1. С. 61–74. EDN: WYPCIN.
- Плюснин С. Н. Лихенобиота горно-тундрового рефугиума на Южном Урале (хребет Малый Ирмель) // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Киров, 1–2 декабря 2009 г. : в 2 ч. Киров, 2009. Вып. 7, ч. 2. С. 216–219.
- Трофимов В. Т. Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2009. № 2. С. 48–52. EDN: KXRTUF.

- Халитов Р. М. Характеристика почв горно-лесной зоны Южного Урала (на примере хребтов Кибиз, Олотау и горного массива Иремель) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2018. 24 с.
- Цветаев А. А. Горы Иремель (Южный Урал). Физико-географический очерк. Уфа : Типография РУ, 1960. 82 с.
- Pauli H., Gottfried M., Lamprecht A., Niessner S. [et al.]. The GLORIA field manual. Standard Multi-Summit approach, supplementary methods and extra approaches. Vienna : GLORIA-Coordination, Austrian Academy of Sciences & University of Natural Resources and Life Sciences, 2015. 138 p.

References

- Borsuk, O. A., Voskresensky, I. S. 2015. Morphometry of crushed stone and pebbles as an indicator of the conditions for the formation of Quaternary sediments. Proceedings of All-Russian conf. "Markov readings of 2015" *Actual problems of paleogeography and stratigraphy of the Pleistocene*. Moscow, pp. 41–43. (In Russ.)
- Voskresensky, I. S. 1980. Analysis of rubble-pebble deposits for the purpose of determining the genesis of loose. *Lomonosov Geography Journal*, 4, pp. 75–79. (In Russ.)
- Gabidullin, A. Sh. 1987. Relic mace in the Southern Urals as part of the natural complex Iremel. In *Mace lepidoptera of the USSR*. Abstract of reports *Systematics, faunistics, ecology, protection of lepidoptera*. Novosibirsk, pp. 20–21. (In Russ.)
- Gorbunov, P. Yu., Ol'shvang, V. N., Lagunov, A. V., Migranov, M. G. et al. 1992. Diurnal butterflies of the Southern Urals. Ekaterinburg. (In Russ.)
- Zakharov, V. D., Lagunov, A. V. 2000. Rare and endangered animals of the Chelyabinsk region. In *6 lectures on the ecology of the Chelyabinsk region*. Chelyabinsk, pp. 24–45. (In Russ.)
- Korolev, V. A., Trofimov, V. T. 2022. On the construction of a general classification of continental ecological-geological systems. *Moscow University Geology Bulletin*, 1, pp. 54–61. DOI: <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2022-1-54-61>. EDN: FLVQMX. (In Russ.)
- Korolev, V. A. 2023. Relationship between the lithological and petrographic composition of soils and the species diversity of epilithic lichens in ecological and geological systems. In coll. articles *Lomonosov Readings. Geology Section, Engineering and Environmental Geology Subsection*. Moscow, pp. 2–3. (In Russ.)
- Korolev, V. A. 2021. On the development of a general classification of ecological and geological systems. In coll. articles *Geographical aspects of sustainable development of regions: IV Intern. scientific and practical conference (Gomel, May 27–29, 2021)*. Gomel, pp. 381–384. (In Russ.)
- Migranov, M. G. 1991. Mace-winged Lepidoptera of Bashkiria (key). Ufa. (In Russ.)
- Mikhailov, Yu. E., Ermakov, A. I. 2016. Composition and structure of communities of herpetobiont arthropods in mountain peaks of the Southern Urals. *Fauna of the Urals and Siberia*, 1, pp. 61–74. EDN: WYPCIN. (In Russ.)
- Plyusnin, S. N. 2009. Lichenobiota of the mountain-tundra refugium in the Southern Urals (Maly Iremel ridge). Proceedings of All-Russian scientific-practical conf. *Problems of regional ecology in conditions of sustainable development*, Kirov, 1–2 December, 2009. In 2 parts. Kirov, Iss. 7, part 2, pp. 216–219. (In Russ.)
- Trofimov, V. T. 2009. Ecological and geological system, its types and position in the ecosystem structure. *Moscow University Geology Bulletin*, 2, pp. 48–52. EDN: KXRTUF. (In Russ.)
- Khalitov, R. M. 2018. Characteristics of soils in the mountain forest zone of the Southern Urals (on the example of the Kibiz, Olotau and Iremel mountain ranges). Abstract of Ph.D. dissertation. Ufa. (In Russ.)
- Tsvetaev, A. A. 1960. Iremel Mountains (Southern Urals). Physico-geographical essay. Ufa. (In Russ.)
- Pauli, H., Gottfried, M., Lamprecht, A., Niessner, S. et al. 2015. The GLORIA field manual. Standard Multi-Summit approach, supplementary methods and extra approaches. Vienna, GLORIA-Coordination, Austrian Academy of Sciences & University of Natural Resources and Life Sciences.

Сведения об авторе

Королёв Владимир Александрович – Ленинские горы, д. 1, г. Москва, Россия, 119991;
Московский государственный университет, д-р геол.-минерал. наук, профессор;
e-mail: va-korolev@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/000-0002-3156-4146>

Vladimir A. Korolev – 1 Leninskiye Gory, Moscow, Russia, 119991;
Moscow State University, Dr Sci. (Geol. & Miner.), Professor;
e-mail: va-korolev@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/000-0002-3156-4146>