



УДК 902.551.4. 504.54.056.5
МРНТИ 03.41.91

<https://doi.org/10.52967/akz2024.1.23.350.367>

Геолого-геоморфологические аспекты консервации петроглифов урочища Тамгалы (Шу-Илейские горы)

© 2024 г. Нигматова С.А., Мадиярова И.Т., Пирогова Т.Е., Марынич О.В.

Keywords: Tamgaly, petroglyphs, geological and geomorphological study, conservation, engineering geology, Upper Ordovician, sandstones, siltstones

Түйін сөздер: Таңбалы, петроглифтер, геологиялық-геоморфологиялық зерттеу, консервация, инженерлік геология, жоғарғы ордовик, құмтас, алевролиттер

Ключевые слова: Тамгалы, петроглифы, геолого-геоморфологическое изучение, консервация, инженерная геология, верхний ордовик, песчаники, алевролиты

Saida Nigmatova^{1,2} , Inura Madiyarova^{1,2} , Tatyana Pirogova^{1,2}  and Oksana Marynich³ 

¹Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Mesozoic and Cenozoic Laboratory, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

²Satbaev University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: nigmatova@mail.ru

^{1*}Corresponding author, Researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

²Satbaev University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: lnura_elya@mail.ru

¹Senior Researcher, Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

²Satbaev University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: ta.pira@mail.ru

³Candidate of Biology, Kazakhstan Agency of Applied Ecology, Almaty, Kazakhstan. E-mail: omarynich@mail.ru

Geological and geomorphological aspects of conservation of petroglyphs in the Tamgaly tract (Shu-Ile Mountains)

The process of preservation of archaeological and historical-cultural heritage of the country is not only a matter of formation of the legislative framework, the work of archaeologists and restorers, but also a specific study of the geological and natural environment in which the archaeological site was formed. The article presents the data of geological and geomorphological study of rock formations with petroglyphs of the UNESCO World Heritage property Tamgaly archaeological complex. In the course of field and camera works, carried out by order of the Scientific Restoration Laboratory “Ostrov Krym” in 2022-2023, detailed studies of I–III groups of petroglyphs were carried out, abiotic and biotic factors affecting the preservation of this unique archaeological monument were shown.

For citation: Nigmatova, S., Madiyarova, I., Pirogova, T., Marynich, O. 2024. Geological and geomorphological aspects of conservation of petroglyphs in the Tamgaly tract (Shu-Ile Mountains). *Kazakhstan Archeology*, 1 (23), 350–367 (in Russian). DOI: [10.52967/akz2024.1.23.350.367](https://doi.org/10.52967/akz2024.1.23.350.367)

Саида Араповна Нигматова^{1,2},
Ильнура Толкуновна Мадиярова^{1,2*},
Татьяна Евгеньевна Пирогова^{1,2},
Оксана Викторовна Марынич³

¹геология-минералогия ғылымдарының докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдары институты, мезозой және кайнозой зертханасының жетекшісі, Алматы қ., Қазақстан

²Сәтбаев университеті, Алматы қ., Қазақстан

Саида Араповна Нигматова^{1,2},
Ильнура Толкуновна Мадиярова^{1,2*},
Татьяна Евгеньевна Пирогова^{1,2},
Оксана Викторовна Марынич³

¹доктор геолого-минералогических наук, руководитель лаборатории мезозоя и кайнозоя, Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

²Сатбаев Университет, г. Алматы, Казахстан



¹*корреспондент-авторы, ғылыми қызметкер,
Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдары
институты, Алматы қ., Қазақстан
²Сәтбаев университеті, Алматы қ., Қазақстан
¹аға ғылыми қызметкер, Қ.И. Сәтбаев атындағы
Геология ғылымдары институты,
Алматы қ., Қазақстан
²Сәтбаев университеті, Алматы қ., Қазақстан
³биология ғылымдарының кандидаты,
«Қазақстандық қолданбалы экология агенттігі»
ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

**Таңбалы шатқалының петроглифтерін
консервациялаудың геологиялық-
геоморфологиялық аспектілері
(Шу-Іле таулары)**

Елдің археологиялық және тарихи-мәдени мұрасын сақтау үрдісі заңнамалық базаны қалыптастыру мәселесі, археологтар мен реставраторлардың жұмысы ғана емес, археологиялық ескерткіш қалыптасқан геологиялық және табиғи ортаны арнайы зерттеу болып табылады. Мақалада «Таңбалы археологиялық ландшафтының петроглифтері» атты ЮНЕСКО-ның дүниежүзілік мұра нысанының петроглифтері бар жартасты түзілімдерді геологиялық және геоморфологиялық зерттеу деректері келтірілген. 2022–2023 жж. «Остров Крым» ғылыми-реставрациялық зертханасының тапсырысы бойынша жүргізілген далалық және камералдық жұмыстар барысында петроглифтердің I–III топтарына толық зерттеу жүргізілді, осы бірегей археологиялық ескерткіштің сақталуына әсер ететін табиғи абиотикалық және биотикалық факторлар көрсетілді.

Сілтеме жасау үшін: Нигматова С.А., Мадиярова И.Т., Пирогова Т.Е., Марынич О.В. Таңбалы шатқалының петроглифтерін консервациялаудың геологиялық-геоморфологиялық аспектілері (Шу-Іле таулары). *Қазақстан археологиясы*. 2024. № 1 (23). 350–367-бб. (Орысша).

[DOI: 10.52967/akz2024.1.23.350.367](https://doi.org/10.52967/akz2024.1.23.350.367)

¹*автор-корреспондент, научный сотрудник,
Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева,
г. Алматы, Казахстан
²Сатбаев Университет, г. Алматы, Казахстан
¹старший научный сотрудник, Институт
геологических наук им. К.И. Сатпаева,
г. Алматы, Казахстан
²Сатбаев Университет, г. Алматы, Казахстан
³кандидат биологических наук, ТОО «Казахстанское
агентство прикладной экологии»,
г. Алматы, Казахстан

**Геолого-геоморфологические аспекты
консервации петроглифов урочища Тамгалы
(Шу-Илейские горы)**

Процесс сохранения археологического и историко-культурного наследия страны является не только вопросом формирования законодательной базы, работой археологов и реставраторов, но и специфическим исследованием геологической и природной среды, в которой формировался археологический памятник. В статье приводятся данные геологического и геоморфологического изучения скальных образований с петроглифами объекта всемирного наследия ЮНЕСКО: «Петроглифы археологического ландшафта Тамгалы». В ходе полевых и камеральных работ, выполняемых по заказу Научно-реставрационной лаборатории «Остров Крым» в 2022-2023 гг., проведены детальные исследования I–III групп петроглифов и показаны природные абиотические и биотические факторы, влияющие на сохранность этого уникального археологического памятника.

Для цитирования: Нигматова С.А., Мадиярова И.Т., Пирогова Т.Е., Марынич О.В. Геолого-геоморфологические аспекты консервации петроглифов урочища Тамгалы (Шу-Илейские горы). *Археология Казахстана*. 2024. № 1 (23). С. 350–367.

[DOI: 10.52967/akz2024.1.23.350.367](https://doi.org/10.52967/akz2024.1.23.350.367)

1 Введение (Нигматова С.А.)

Объект всемирного наследия ЮНЕСКО – «Петроглифы археологического ландшафта Тамгалы» (государственный заповедник-музей «Таңбалы») расположен в 170 км северо-западнее города Алматы, в Шу-Илейских горах.

Археологический комплекс урочища Тамгалы представляет собой группу разновременных памятников, среди которых имеются остатки поселений, могильников, древних каменоломен, петроглифов и культовых сооружений (жертвенников), датируемых в широком интервале от середины XIV–XII в. до н.э. до рубежа XIX–XX в. [Рогожинский 2011: 167]. Наиболее ценным участком урочища является часть долины ручья Тамгалы от родника до выхода на равнину. В ущелье с многочисленными ориентированными на юг плоскостями твёрдых коренных пород по



обоим бортам долины сохранились петроглифы, основная часть которых относится к эпохе бронзы и раннему железу. Общее количество петроглифов приближается к 5000 [Рогожинский 2011: 167].

Специфика археологического памятника Тамгалы обусловлена неразрывной связью археологических (петроглифы) и геологических (скальные песчаники, на которых петроглифы выбиты) объектов. Сохранение и консервация петроглифов должны основываться, в первую очередь, на детальном понимании геологических процессов, происходивших на этой территории в прошлом и продолжающихся в настоящее время. Геологические процессы имеют колоссальную мощь, преодолеть которую пока не представляется возможным, но, зная их направленность и особенности, можно прогнозировать дальнейшие изменения ландшафта и предотвращать разрушительное воздействие. Разработка мер по консервации петроглифов требует проведения детальных геологических, геолого-инженерных, тектонических исследований на территории памятника.

Геолого-геоморфологические исследования урочища Тамгалы проводились с разной степенью активности с 1990 г. Особая роль в изучении природных условий, палеоклимата времени формирования археологических объектов на территории Семиречья (и в том числе ур. Тамгалы) принадлежит группе под руководством доктора геолого-минералогических наук Б.Ж. Аубекерова



А



В



С

Рис. 1 Полевой выезд для обследования территории ур. Тамгалы. Специалисты Научно-реставрационной лаборатории «Остров Крым» совместно с археологом А.Е. Рогожинским и сотрудниками музея-заповедника «Таңбалы». На фото: А – А.Е. Рогожинский, Н. Алтынбеков, Л.Ф. Чарлина, К. Нурмаксутов, сотрудник музея-заповедника; В – Л.Ф. Чарлина изучает состояние II группы; С – А.Е. Рогожинский, К. Нурмаксутов, Л.Ф. Чарлина. Фото: Саида Нигматова, апрель 2022

1-сур. Таңбалы шатқалы аумағын далалық зерттеу үшін шығу. «Остров Крым» ғылыми-реставрациялық зертханасының мамандары археолог А.Е. Рогожинскиймен және «Таңбалы» музей-қорығы қызметкерлерімен бірге. Фотосуретте: А – А.Е. Рогожинский, Н. Алтынбеков, Л.Ф. Чарлина, К. Нурмаксутов, музей-қорық қызметкері; В – Л.Ф. Чарлина II топтың жағдайын зерттеуде; С – А. Е. Рогожинский, К. Нурмаксутов, Л.Ф. Чарлина. Фото: Саида Нигматова, 2022 ж. сәуір

Fig. 1. Field trip to survey the territory of the Tamgaly district. Specialists of the Scientific Restoration Laboratory “Ostrov Krym” together with archaeologist A. Rogozhinsky and employees of the museum-reserve “Tanbaly”. In the photo: А – A. Rogozhinsky, N. Altynbekov, L. Charlina, K. Nurmaksutov, an employee of the museum-reserve; В – L. Charlina studies the condition of group II; С – A. E. Rogozhinsky, K. Nurmaksutov, L. Charlina. Photo: Saida Nigmatova, April 2022



[Аубекеров и др. 2003: 289–294; Аубекеров, Нигматова 2021], в состав которой входила и автор статьи. В сотрудничестве с археологом А.Е. Рогожинским и реставратором Л.Ф. Чарлиной в 1993–2012 гг. был выполнен ряд геоморфологических исследований и даны рекомендации по консервации петроглифов и укреплению склонов. Однако, несмотря на проведённые ранее консервационные работы, в ходе ежегодного визуального осмотра петроглифов установлено, что состояние их изменяется. В 2022-2023 гг. по заданию научно-реставрационной лаборатории «Остров Крым» С.А. Нигматовой проводилось обследование скальных обнажений с петроглифами I, II и III групп как вызывающих наибольшую тревогу.

2 Объекты и методы исследования (Нигматова С.А., Мадиярова И.Т., Пирогова Т.Е., Марынич О.В.)

Поскольку влияние климата, особенности геологического строения, формирование растительности и другие природно-климатические факторы имеют широкое распространение и оказывают воздействие на достаточно большую площадь, то изучение абиотических и биотических факторов среды проводилось для сравнительно большого района в пределах гор Шу-Иле. Изучение геологической ситуации в ущелье Тамгалы позволяет понять и оценить воздействие каждого компонента природной среды: климат, состав пород, тектонические и сейсмические движения, антропогенная нагрузка и ряд других факторов.



Рис. 2. Общий вид на ур. Тамгалы с блоком I, II, III групп петроглифов (космоснимок):
А – выходы скальных пород ордовикского возраста; В – суглинистый четвертичный покров;
С – зона проникновения суглинков в скальные породы

2-сур. Петроглифтердің I, II, III тобының блоктары көрсетілген Таңбалы сатқалының жалпы көрінісі (ғарыштан түсірілген): А – ордовик кезеңімен шамалас жартас жыныстарының шығуы;
В – сазды төрттік жабынды; С – саздақтардың жартас жыныстарына ену аймағы

Fig. 2. General view of the Tamgaly mountains with block I, II, III groups of petroglyphs (satellite image):
A – outcrops of rocks of Ordovician age; B – loamy Quaternary cover; C – zone of loam penetration into rocks



Основным объектом исследования являются выходы песчаника с петроглифами I, II и III групп, расположенные на едином тектоническом блоке, отделённом от других групп долиной ручья Тамгалы руслом временного потока. Сверху склон покрыт рыхлым суглинисто-щебнистым чехлом, под которым находятся сильно трещиноватые разнозернистые песчаники, переслаивающиеся алевролитами и слагающие ритмично-слоистую толщу, моноклиально погружающуюся на восток под углом 35–40°. Блок приподнят в северо-западном направлении и наиболее обнажен в районе петроглифов III группы.

Для решения поставленных задач по изучению природных факторов разрушения скальных массивов были использованы различные методы: геологическая и геоботаническая маршрутная съёмка территории по сезонам (весна, лето, осень), анализ картографического материала и космоснимков, изучение геоморфологических карт района, измерение углов и размеров трещин, минералогическое и геохимическое изучение пород (песчаников и алевролитов, суглинков), инженерно-геологические методы. Основные виды исследований проводились в Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева (лаб. геологии мезозоя и кайнозоя; лаб. химико-физических методов исследования) и в аккредитованной лаборатории НИИСтройпроект.

Массивы скальных пород, как любые физические тела, обладают прочностными свойствами, которые отражают их способность реагировать на те или иные нагрузки, вызываемые в т. ч. и природными факторами. Основными характеристиками являются: прочность на сжатие, на разрыв и сдвиг, а также прочность при объёмном напряжённом состоянии. Измерение прочности песчаников проводилось в лаборатории НИИСтройпроект на прессе фирмы TESTING. Оборудование проходит ежегодную сертификацию. Всего на прочность было испытано 12 образцов. Средние показатели для песчаников составляют 26,8–27,9 кН, алевролитов - 25,9 кН (менее прочные).



А



В



С

Рис. 3. А – этапы отбора образцов на геоинженерные испытания; В – проведение испытаний на водонепроницаемость; С – процесс проведения испытания на прочность песчаников.

Работы выполнены И.Т. Мадияровой. Фото авторов

3-сур. А — геоинженерлік сынақтар үшін үлгілерді іріктеу кезеңдері; В – су өткізгіштікке сынақтар жүргізу; С – құмтастардың беріктігін тексеретін сынақтар жүргізу процесі. Жұмыстарды И.Т. Мадиярова орындады.

Авторлардың түсірген суреті

Fig. 3. A – the stages of sampling for geoengineering tests; B – conducting tests for water resistance; C – the process of testing the strength of sandstones. The works were performed by I. Madiyarova.

Photos of the authors



Важными физическими свойствами пород, характеризующими их состояние, является плотность и пористость. Особое внимание было уделено отбору образцов супесей и суглинков для изучения набухаемости породы и пластичности. При попадании влаги глинистый компонент супесей разбухает и постепенно раздвигает створки трещин.

Не меньшее влияние на разрушение скальных пород и сползание грунта несет сезонная мерзлота. Результатом смены времён года является периодическое сезонное промерзание и протаивание некоторого приповерхностного горизонта (деятельный слой), где происходят наиболее значительные годовые колебания температур, совершается наибольшая часть годовых теплооборотов, наиболее интенсивно развиваются физические, физико-химические и геологические процессы. В пределах одного и того же участка местности глубина сезонного промерзания и протаивания не бывает одинаковой от года к году.

На территории ур. Тамгалы сезонное промерзание происходит в течение всего периода охлаждения, т. е. всей зимы. Нормативную глубину сезонного промерзания грунта f_n при отсутствии данных многолетних наблюдений следует определять на основе теплотехнических расчетов. Глубина промерзания грунта в ур. Тамгалы составляет:

$$d_{fn} = 0,28 * \sqrt{23,2} = 1,1 \text{ м для суглинков и глин};$$

$$d_{fn} = 0,34 * \sqrt{23,2} = 1,6 \text{ м для крупнообломочных грунтов};$$

$$d_{fn} = 0,3 * \sqrt{23,2} = 1,4 \text{ м для песков гравелистых, крупных и средней крупности}.$$

В результате постоянного замораживания и размораживания происходит разрушение скальных пород. Наиболее низкими показателями прочности обладают мелкообломочные и глинистые несцементированные породы. Они изменяют свойства при взаимодействии с водой: переходят в пластичное и текучее состояние, обладают набуханием (монтмориллонитовые глины), просадочностью и сжимаемостью.

Также в деятельном слое происходит морозное (криогенное) пучение грунтов – процесс, вызванный деформацией скелета грунта и приводящий к увеличению объёма грунта и поднятию его поверхности. В результате поднятия частиц грунта при промерзании и отдельных частиц при оттаивании происходит смещение, а чаще сползание частиц грунта по склону или откосу. Формируются также и морозобойные трещины, которые способствуют образованию и росту клиньев льда в результате проникновения талых вод весной по морозобойным трещинам и последующего замерзания, что также ведёт к раскалыванию пород.

Испытания на водонепроницаемость горных пород проводились согласно ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

Испытания на набухаемость проходили согласно ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытания». Песчаник мелкозернистый обладает водопроницаемостью 0,21–0,29 м/сут, а алевриты – 0,33–0,34 м/сут. Результаты испытаний на пористость: песчаник мелкозернистый 2,61–2,75 м/сут, алевриты – 2,81 м/сут. Содержание глинистых частиц в пробах, отобранных в урочище Тамгалы, колеблется в диапазоне 7,36–5,09% и определялось согласно ГОСТ 8735-88. Расчеты устойчивости склона выполняются по инженерно-геологическим разрезам, ориентированным по наиболее вероятным направлениям развития оползневой процесса.

Для склонов с образованием комбинированных (консеквентно-инсеквентных) оползней сдвига применяют методы, основанные на предельном равновесии сил и моментов (методы Спенсера, Моргенштейн-Прайса, Ямбу). Для более точного определения устойчивости склона необходимо было произвести в полевых условиях методом среза целиков грунта, что является очень дорогостоящим испытанием.

Коэффициент устойчивости определялся для нескольких возможных поверхностей скольжения, и по наименьшему из них определяют наиболее опасную для нарушения устойчивости. Отметки дневной поверхности земли варьируют от 2,2 до 192,3 м. Рельеф наклонный. Поверхность склона ступенчатая.



3 Исследование природных условий ур. Тамгалы (общая характеристика, геологическое строение, неотектоника, климат, растительность) (Нигматова С.А., Мадиярова И.Т., Пирогова Т.Е., Марынич О.В.)

Шу-Илейские горы (каз. Шу-Іле таулары, ранее – Чу-Илийские) представляют собой невысокий, сильно разрушенный горный хребет к северо-западу от Заилийского Алатау (Илейского Алатау), служащий водоразделом бассейнов рек Шу и Иле.

Район характеризуется сложным геологическим, геоморфологическим и неотектоническим строением. Основными факторами, оказавшими решающее влияние на формирование современного низкогорно-мелкосопочного рельефа Шу-Илейского региона, явился продолжительный континентальный режим в мезозое и кайнозое с характерной для него интенсивной денудацией и формированием обширных денудационных равнин (пенеплена). Новейшие тектонические движения земной коры в неоген-четвертичное время обусловили интенсивные процессы горообразования: поднятия и опускания крупных тектонических блоков более прочных, палеозойских пород, имеющих как осадочное происхождение (морские песчаники и алевролиты), так и осадочно-вулканическое. Со склонов Шу-Илейских гор берут начало небольшие реки Ащысу, Копалы, Жингельды, Тесик, Какпактас и др., которые наполняются водой лишь на короткое время (весной), летом они превращаются в сухие лога или каменистые русла.

3.1 Геологические особенности района

Шу-Илейские горы образуют сложную систему горст-грабеновых структур (поднятия – опускания блоков), что проявляется в сочетании низкогорно-мелкосопочного рельефа и обрамляющих их равнин с довольно сложной морфологией и разнообразием выходов скальных пород докембрия и палеозоя [Решения... 1991: 7–140]. Наиболее древними образованиями здесь являются метаморфические породы нижнего протерозоя анрахайской свиты. Ордовик представлен, в основном, отложениями среднего и верхнего отделов. Средний отдел: Копалинский и Анрахайский горизонты прослежены на северо-востоке территории. Верхний ордовик: отложения Андеркенского, Дуланкаринского, Абакского горизонтов имеют большее распространение в центральной части изученной территории [Никитина, Толмачева 2013: 129–132].

Скальные выходы с петроглифами связаны с осадками дуланкаринского горизонта верхнего ордовика, имеющего большее распространение в центральной части изученной территории. Эти отложения сложены, преимущественно, породами терригенных гемипелагических фаций (глубоководные условия накопления) – тонкозернистыми окремнёнными песчаниками и алевролитами, какая-либо фауна в которых отсутствует. Мощность отложений до 230 м [Никитин 1972: 60–92].

Терригенные породы (образуются в результате разрушения и переотложения коренных пород) в районе ур. Тамгалы разделяются на грубозернистые ($GM < 0.32$) и тонкозернистые ($GM > 32$) осадки, а породы смешанного состава (алевролитистые песчаники) занимают промежуточное положение.

Тонкообломочные породы (алевролиты, глинистые алевролиты) характеризуются относительным постоянством своего химического состава. Невысокие значения плагиоклазового модуля свидетельствуют о глинистой природе осадков, а величина отношения $K_2O/Al_2O_3 = 0,13-0,20$ при значениях Na_2O/K_2O обычно меньше единицы, указывает на их существенно глинисто-хлоритовый состав.

Все рассматриваемые отложения (за редким исключением) характеризуются преобладанием закисного железа над окисным ($FeO/Fe_2O_3 > 1$), что объясняется в значительной мере присутствием в породах пирита, железистых карбонатов и хлорита. Наличие кварца делает песчаник одновременно твердой и хрупкой породой.

В силурийский период формировались отложения альпеисского горизонта, которые почти повсюду тесно связаны с породами верхнего ордовика. С этим же временем связано развитие в Шу-Илейской структурно-формационной зоне вулканогенно-терригенных и терригенных толщ [Апполонов и др. 1980: 78–91].

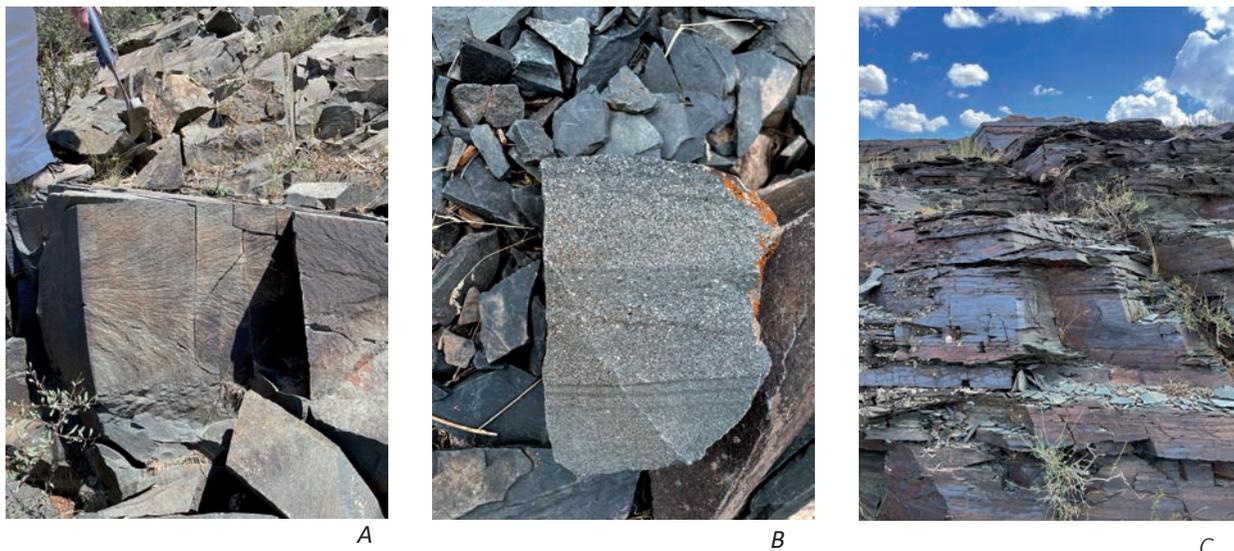


Рис. 4. Средне- и тонкозернистые песчаники (А, В) и алевролиты (С)
дуланкаринской свиты верхнего ордовика

4-сур. Жоғарғы ордовик дуланкарин кен қабаттарының орташа және ұсақ түйіршікті құмтастары (А, В)
мен алевролиттері (С)

Fig. 4. Medium- and fine-grained sandstones (A, B) and siltstones (C) of the Dulankara formation
of the Upper Ordovician

Формирование современного низкогорно-мелкосопочного рельефа Шу-Илейского региона обусловлено продолжительным континентальным режимом в мезозое и кайнозое (от 70 млн лет до наст. вр.) с характерным для него интенсивным разрушением созданных в палеозое горных сооружений, и в завершающий этап рельефообразования – новейшие тектонические движения земной коры с активизацией денудационных (нивелирующих) процессов [Аубекеров и др. 2003: 290-291].

В начале четвертичного периода (около 3–2,56 млн лет назад) было сформировано междуречье Балхаш-Копя. Существовавшая равнина – древний пенеплен по подновленному древнему анракайскому и другим разломам, была разбита и разделена на блоки с разными знаками движения: одни поднимались, другие опускались. Положительные формы имели на первом этапе вид плато, активно расчленяемого долинами. По мере роста высоты поднимающихся блоков происходило их интенсивное расчленение, особенно в зоне тектонических уступов.

Современная часть долины ручья Тамгалы сложена голоценовой поймой и руслом, при этом боковые притоки часто висячие и сформированы в верхнем плейстоцене- голоцене. Они плоскодонные, без русел или с неглубоким часто теряющимся руслом.

Основные крупные разрывные нарушения в районе имеют древнее заложение, на неотектоническом этапе они только подновлялись. Более мелкие оперяющие разломы и некоторые относительно крупные дизъюнктивные нарушения относятся к неотектоническому этапу. Они обычно хорошо выражены в рельефе, так как деформируют продольный профиль долин.

В районе ур. Тамгалы выделен крупный Анракайский разлом субширотного направления, ограничивающий мелкосопочник с севера. По разлому южный блок (ур. Тамгалы) был поднят, а расположенная севернее часть была опущена и заполнена рыхлым материалом, вынесенным реками из мелкосопочника. Главный разлом имеет более мелкие оперяющие разломы, по которым одни блоки были подняты, а другие опущены. По разломам происходит смещение блоков относительно друг друга как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. При этом образуются плоскости скольжения – ровные заглаженные поверхности. Иногда они образуют серии параллельных плоскостей. Такие древние разломы часто подновляются в более поздние геологические эпохи. Последний



Рис. 5. Направления основных разломов, проходящих через ур. Тамгалы (по: [Aubekero et al. 2003])

5-сур. Таңбалы шатқалы арқылы өтетін негізгі жарықтардың бағыттары ([Аубекеров 2003] бойынша)

Fig. 5. Directions of the main faults passing through the Tamgaly mountains, after – Aubekero et al. 2003

самый молодой неотектонический этап относится к неоген-четвертичному периоду. Глубина рыхлого покрова не менее 15–20 м, а амплитуда с учётом поднятого блока, составляет не менее 150 м. Южнее разлома наблюдается поднятый блок, который, в зависимости от расстояния до разлома, имеет разную степень расчленённости.

Влияние неотектонических движений не ограничивалось образованием ослабленных зон. Они способствовали усилению трещиноватости и дроблению пород

в естественных обнажениях. Система кливажа, имеющая северо-восточную и субмеридиональную ориентировку в antecedentном участке, была подновлена и обусловила разрушение блоков с петроглифами. В настоящее время район ур. Тамгалы всё ещё является сейсмически активным и здесь могут происходить землетрясения силой до 5-6 баллов по 12-балльной шкале.

В районе археологического памятника Тамгалы широко развиты равнины, мелкосопочные и низкоргорные типы рельефа, речные долины с террасовыми комплексами и другие формы рельефа, объединяемые в несколько генетических групп: эрозионно-тектоническую, денудационную и аккумулятивную.

Долина ручья Тамгалы начинается от родника Тамгалы и врезана в днище древней долины. Ниже по течению до тектонического уступа морфология долины характеризуется крутыми изгибами русла на отдельных участках, создающими эффект замкнутого пространства, с необыкновенной акустикой и многочисленными плоскостями скал, покрытых густой чёрной патиной, что и предопределило выбор долины ручья Тамгалы в качестве святилища.



Рис. 6. Направление поднятия блока с петроглифами 6-сур. Петроглифтері бар блоктарды көтеру бағыты

Fig. 6. The direction of lifting the block with petroglyphs



3.2 Трещиноватость пород

Тектоническая активность приводит к формированию систем сжатия и растяжения, вызывающих образование трещин в твердой породе. Эти трещины играют роковую роль для петроглифов. Именно по трещинам происходит наиболее быстрое разрушение скальных массивов и плоскостей с петроглифами.

Песчаники, развитые в районе петроглифов I-II групп, характеризуются максимальным проявлением системы северо-западных трещин с юго-западным падением под 45° (II). Менее проявлена система крутых северо-восточных трещин северо-западного падения. В южной части массива породы прорваны дайкой мелкозернистых диоритовых порфиринов, что указывает на участие вулканической деятельности в формировании серии трещин (кливаж). К нижнему горизонту песчаников приурочены наскальные рисунки II-а и нижнего яруса II-б групп. Внутреннее строение горизонтов песчаников неоднородное и характеризуется чередованием грубо- и тонкозернистых разностей.

Вероятно, II группа петроглифов расположена на глыбах, как бы скатившихся вдоль по склону с более высоких уровней. То есть при поднятии горста образовался «козырёк», сложенный песчаником, и затем, когда был выветрен алевритовый, более рыхлый слой, на котором он как бы висел, козырёк откололся от основной массы породы и скатился (соскользнул) вниз по склону, где постепенно осел на слое из продуктов делювия. На это указывает положение и угол наклона глыб с петроглифами.

Возможно и другое предположение: в ордовике, во время формирования донных морских отложений, сформировался блок, подобный крупной псевдоконкреции, который затем был разбит серией трещин, образовавшихся при высыхании морского бассейна и под действием тектонических и вулканических процессов. Наличие интрузии в скальных отложениях ур. Тамгалы свидетельствует о наличии вулканической деятельности в районе, что также способствует раскалыванию пород.

Обследование пород, щелей между глыбами, угла наклона глыб также подтверждает выдвинутое выше предположение о «скатывании» скальных плоскостей с петроглифами, либо о нестандартных условиях образования скальных выходов II группы петроглифов. Формирование систем трещин обусловлено как тектоническими деформациями пород с хрупким кремнистым цементом, так и нетектоническим воздействием (литогенетические трещины) [Епифанцев, Плетенчук 2008: 25–28]. Видимая протяженность трещин по простиранию и падению колеблется от долей до первых метров.

Алевролиты этого массива характеризуются развитием трёх основных систем трещин. Первая имеет вертикальное падение и северо-восточное ($15\text{--}55^\circ$) простирание. Вторая имеет направление, субпараллельное простиранию пород (340°) и падение на юго-запад под средним углом 70° . Третья система трещин характеризуется северо-западным (295°) простиранием и крутым падением. По ширине они изменяются от тонких волосовидных до крупных трещин, ширина которых превышает 10 и более см. Ширина зависит от интенсивности проявления вторичных трещинообразующих процессов. Под влиянием тектонического напряжения песчаники и алевролиты разбиваются на блоки различной крупности. Наиболее протяжёнными из них являются крутопадающие трещины северо-восточного и северо-западного направлений. На блоках с большой плоскостью наиболее часто встречаются радиальные трещины. Практически все виды трещин представляют опасность для петроглифов, так как имеют тенденцию переходить из статичного состояния в подвижное.

3.3 Климат

Характерной особенностью климата северо-восточной части Шу-Илейских гор, связанной с расположением территории внутри Евразийского материка, является значительная инсоляция, аридность (сухость) и резкая континентальность, с большой контрастностью суточных и сезонных колебаний температур [Aubekeroev et al. 2003: 24–26]. Эти факторы, с одной стороны, способствовали созданию на потемневших скальных выходах с «пустынным загаром» петроглифов, а, с другой стороны, значительно влияют на разрушение этих скал.

В холодное время года (с октября до марта включительно) особое влияние на климат района исследования оказывает отрог сибирского антициклона. Над территорией устанавливается безоб-



A



B



C



D



E

Рис. 7. Системы трещин на II группе (А–С), рабочий момент измерения и отрисовки трещин (D, E).
На фото: Т.Е. Пирогова (D) и С.А. Нигматова (E). Фото авторов, июнь 2023

7-сур. II топтағы жарықшақ жүйелері (А–С), жарықшақтарды өлшеу және суретін салудың жұмыс сәті (D, E).
Фотосуретте: Т.Е. Пирогова (D) және С.А. Нигматова (E). Авторлардың түсірген суреті, 2023 ж. маусым

Fig. 7. Crack systems in group II (A–C), the working moment of measuring and drawing cracks (D, E).
In the photo: T. Pirogova (D) and S. Nigmatova (E). Photo by the authors, June 2023

лачная тихая погода с сильным ночным выхолаживанием. Прохождение холодного фронта сопровождается выпадением осадков в виде дождя или снега. Вторжение антициклонов с севера также вызывает похолодание. Средние температуры января составляют около -8°C .

В тёплое время года (с апреля до сентября) сибирский антициклон отступает. Вследствие сильного нагрева поверхности земли над данной территорией образуется область пониженного давления (термическая депрессия), что определяет наступление жары при большом дефиците влажности. Средняя температура июля $+24-25^{\circ}\text{C}$.

Резко континентальный климат района Шу-Илейских гор способствует высокой степени температурного выветривания, обусловленного контрастностью суточных и сезонных температур и



высокой силой ветра при отсутствии увлажнения. Среднегодовое количество осадков 350–400 мм в год. Ветровой режим региона в основном определяется пространственным расположением основных орографических элементов.

3.4 «Пустынный загар» песчаников

С развитием аридного континентального климата связано и формирование специфического «пустынного загара»: окисленных корок на поверхности скальных плоскостей, находящихся под солнечными лучами. Тонкая (от 0.5 до 1 мм), очень плотная, чёрная, тёмно-коричневая блестящая корка, покрывающая обнажённую поверхность скал и обломков горных пород, состоит, главным образом, из окислов MnO 2–9%, Fe_2O_3 , 8–9%, Al_2O_3 – 13–17% и SiO_2 – 28–50%. Образуется в результате процессов, возникающих под влиянием солнца, переменного увлажнения и высыхания горных пород при общей сухости воздуха. В таких условиях происходит усиленное движение капиллярных вод, выносящих на поверхность горных пород соединения железа, марганца и фосфора. Химический состав корок выветривания определён при помощи рентгеноспектрального анализа (Институт геологических наук, 2022). Средние содержания (в %) по результатам шести измерений: Na_2O – 0,72%, MgO – 2,73%, Al_2O_3 – 14,58%, SiO_2 – 39,22%, P_2O_5 – 1,17%, K_2O – 1,67, CaO – 2,37%, TiO_2 – 0,78, MnO – 5,74%, Fe_2O_3 – 10,1%, Ba – 0,2%.

Расслаивание, отделение корки загара от субстрата (порода, по которой развивается корка загара) происходит в результате различных физических характеристик (плотность, проницаемость, цвет, температура нагрева и т. д.) субстрата и корки загара, возникающих в процессе экзогенного физико-химического выветривания. В субгоризонтальных поверхностях, покрытых коркой загара, расслаивание происходит более интенсивно за счёт высоких температурных перепадов, степени увлажнённости, увеличения динамических факторов, усиления интенсивности протекания химических процессов.

Существенную роль в разрушении корки загара играют мхи и лишайники, поселяющиеся на лицевых поверхностях скал. Биохимические процессы, протекающие в результате их жизнедеятельности, оказывают негативное воздействие как на саму корку загара, так и на скальный массив. Отрицательное влияние мхов и лишайников выражается в разуплотнении поверхности, на которой они произрастают и, вследствие этого, ускорения процесса разрушения скальных массивов.

Понемногу разрушая камни, лишайники накапливают слой органики, на котором могут существовать уже следующие группы растений. Как только лишайник (симбиоз водорослей и грибов) закрепляется на камне, он начинает производить заметные количества кислоты, которая «разъедает» минерал. Таллом представлен корочкой («накипью»), его нижняя поверхность плотно срастается с субстратом и плохо отделяется. Иногда лишайники развиваются внутри субстрата и поэтому снаружи бывают совсем незаметны.

3.5 Почвенно-растительный покров

Шу-Илейские горы из-за невысокого поднятия имеют слабо развитую высотную поясность, поэтому преобладающий тип растительности – предгорные пустыни и остепнённые склоны, которые относятся к Присеверотяньшанскому типу полукустарничковых и кустарниковых пустынь со злаками и эфемероидами [Ботаническая география ... 2003: 161-162]. Участок Тамгалы расположен в поясе предгорных инверсионных пустынь в Шу-Илейских горах, в тени влажности гор Илейского Алатау. Здесь преобладают петрофитные варианты пустынь на щебнистых и каменистых почвах. Фрагменты степей по северо-западным склонам в этом массиве представлены сублессингиано-полынно-типчаково-киргизскоковыльными степями (*Artemisia sublessingiana*, *Festuca valesiana*, *Stipa kirgisorum*).

На сильно каменистых участках северных склонов встречаются эфедрово-злаково-полынные с кустарниками сообщества (*Ephedra intermedia*, *Artemisia sublessingiana*, *Stipa caucasica*, *S. lessingiana*). По южным склонам скалистых средневысоких мелкосопочников с выходами пород и зарастающими осыпями представлены кустарниково-полынными сообществами (*Cerasus tianschanica*, *Atraphaxis virgata*).



С низкими мелкосопочниками связана более простая структура растительного покрова. К ним приурочены однородные злаково-прутняково-полынные пустыни с большим или меньшим обилием прутняка. На таких территориях распространены кустарниковые заросли из видов спиреи, курчавки (*Spirea hypericifolia*, *Atraphaxis virgata*). Вокруг родников обычны небольшие участки настоящих лугов и тростниковые заросли. Наибольшие площади занимают в руслах временных водотоков чиевники и чингиль (*Halimodendron halodendron*) приуроченные к относительно неглубоко залегающим водам.

На территории комплекса Таңбалы выявлены местообитания трёх видов редких растений (*Tulipa albertii*, *Tulipa kolpakovskiana*, *Juno kuschakewiczii*), занесенных в «Красную книгу Казахстана [Красная книга... 2014]. Эти виды встречаются в сообществах, близких к фоновым, которые сохранились на незначительных площадях. Основными факторами, которые влияют на состояние популяций данных видов, являются уничтожение и нарушение местообитаний в результате хозяйственной деятельности (выпас скота, при воздействии транспорта и другой техники), а также сбор растений в букеты весной, во время их цветения [Марынич, Нигматова 2005: 147].

Растения (кустарники, кустарнички, травы) имеют неоднозначное значение в процессах разрушения и сохранения памятника. Укореняясь в даже небольших трещинах, мелкие травянистые формы создают более благоприятные условия для дальнейшего разрушения скальных пород под воздействием воды, ветра, холода, образуя дернину, злаки могут создавать благоприятные условия для дальнейшего произрастания кустарничков и кустарников, чьи корни в свою очередь, расшатывают отдельные блоки по трещинам.

В то же время многие растения в ущелье Тамгалы являются естественными закрепителями склонов.

4 Обсуждение (Нигматова С.А., Мадиярова И.Т., Пирогова Т.Е., Марынич О.В.)

Проведенные геологические, геоморфологические, инженерно-геологические, геоботанические исследования показали, что склон I–III групп находится в крайне нестабильном положении. Возможно, это самый нестабильный участок в ущелье, так как скальные породы (песчаники) находятся не в форме естественного залегания и обнажения, а в виде продукта обвала (вероятнее всего) или формирования полуконкреции, со специфической структурой трещиноватости.

Песчаники и алевролиты, которыми образовано основание массива, формировались в глубоководных условиях и насыщены кремнием, что делает их одновременно и твёрдыми, и хрупкими. Они многократно подверглись растрескиванию. В палеозое, во время формирования их в ордовиксилуре, они могли растрескиваться в процессе диагенеза (совокупность физико-химических процессов преобразования рыхлых осадков в твёрдые осадочные породы) при концентрации вещества, а также формировать полуконкреции размером в несколько метров путём участковой цементации осадка с образованием линз или неправильных объёмов твёрдых, зацементированных пород. Вторично, в более позднее пермское время, уже достаточно твёрдые породы могли растрескиваться при развитии вулканизма. Подъём горячих магматических масс сопровождается также разрушением и растрескиванием прочных пород. Очередной этап формирования трещин и их расхождение начался на неотектоническом этапе и происходит в настоящее время.

Ситуация значительно осложняется наличием толщ алевролитов выше и ниже скал с петроглифами, которые растрескиваясь, дают массу обломочного материала, а также постоянно давят на склон, как бы выталкивая песчаные обломки. Кроме того, высокая пористость пород и склонность к промерзанию также способствуют растрескиванию и отделению отдельных пластин песчаника. Нижние слои, распадаясь на отдельные пластины, способствуют проседанию блока.

Сам склон покрыт суглинистым чехлом, который также определяет постепенное сползание глыб песчаника. Суглинок имеет высокий коэффициент набухания и водопоглощения и как бы пропитывает весь блок с петроглифами. Мелкая фракция обломочного материала и суглинка заполняют щели и открывают доступ к распространению растений, которые также оказывают неоднозначное влияние на глыбы песчаника и трещины в нём. Корни растений раздвигают щели, но и одновремен-



понижению, заполненному ручьём. Вода даёт постоянную просадку, и, соответственно, подмытый склон будет проседать.

Кроме того, есть антропогенные факторы разрушения пород и самого склона. В результате посещения археологического объекта большим количеством туристов, он испытывает воздействие, на которое не был рассчитан. Расположение каменных ступеней непосредственно на слоне вызывает

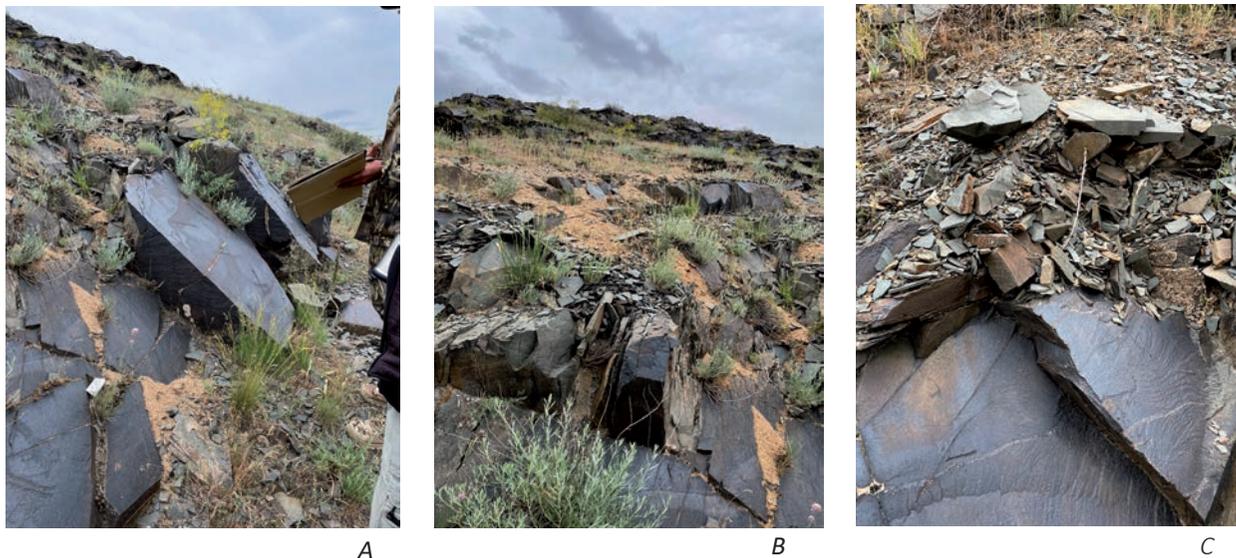


Рис. 8. Пучение глинистых пород под воздействием вымораживания и увлажнения (А, В), следы сползания рыхлых обломков (С). Фото: Саида Нигматова, апрель 2022 г.

8-сур. Мұздату және ылғалдау әсерінен сазды жыныстардың ісінуі (А, В), борпылдақ сынықтардың сырғу іздері (С). Фото: Саида Нигматова, 2022 ж. сәуір

Fig. 8. Heaving of clay rocks under the influence of freezing and humidification (A, B), traces of sliding of loose fragments (C). Photo: Saida Nigmatova, April 2022

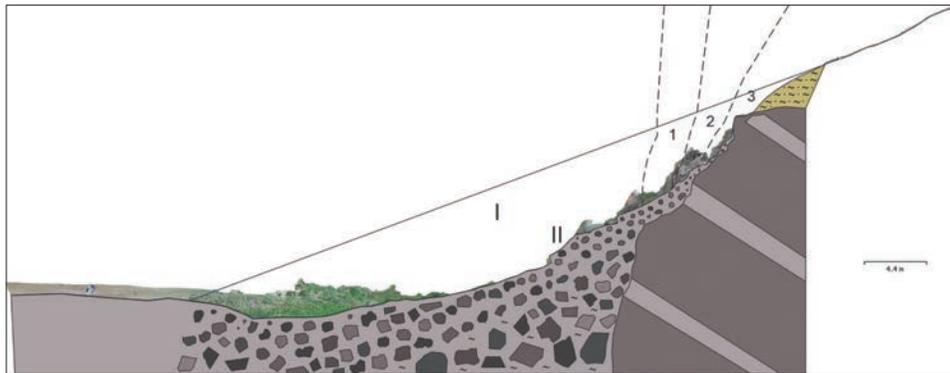
но задерживают сползание склона. Кроме того, намокая, супеси становятся пластичными (число пластичности для супеси составляет от 1 до 7), позволяя более тяжёлым глыбам песчаника скользить по склону. В условиях сильного увлажнения покрывающих склоны рыхлых пород или почв происходит медленное (со скоростью от нескольких мм/год) перемещение материала вниз по склону.

В пучинистых грунтах в результате поднятия частиц грунта при промерзании и отдельных частиц при оттаивании происходит смещение частиц грунта по склону или откосу. Морозобойные трещины способствуют образованию и росту клиньев льда в результате проникновения малых вод весной по морозобойным трещинам и последующего замерзания.

О наличии на склоне медленного движения материала можно судить по «слоистости течения», присутствующему на вертикальном разрезе, по изгибанию корней растений. Поверхность склонов неровная, слои алевrolита сменяются песчаниками и рыхлым щебёночным грунтом. Массы движутся не в виде медленно сползающего сплошного слоя, а в виде прерывистого сползания отдельных блоков, и о существовании медленного движения можно судить по наличию микроступенчатости на профиле.

Заполнение трещин искусственным цементом в настоящее время также нецелесообразно: влажность от атмосферных осадков все равно попадает в трещины, но из-за наличия «крышки» высыхает недостаточно быстро, в щелях происходит переувлажнение глинистого субстрата, что также способствует дальнейшему расхождению трещин и постепенному сползанию глыб.

Склон имеет острый угол падения, под давлением толщ происходит постоянное сползание. Расчёт показывает, что склон сползает в пределах 3 мм в год. Также усложняет ситуацию близость к

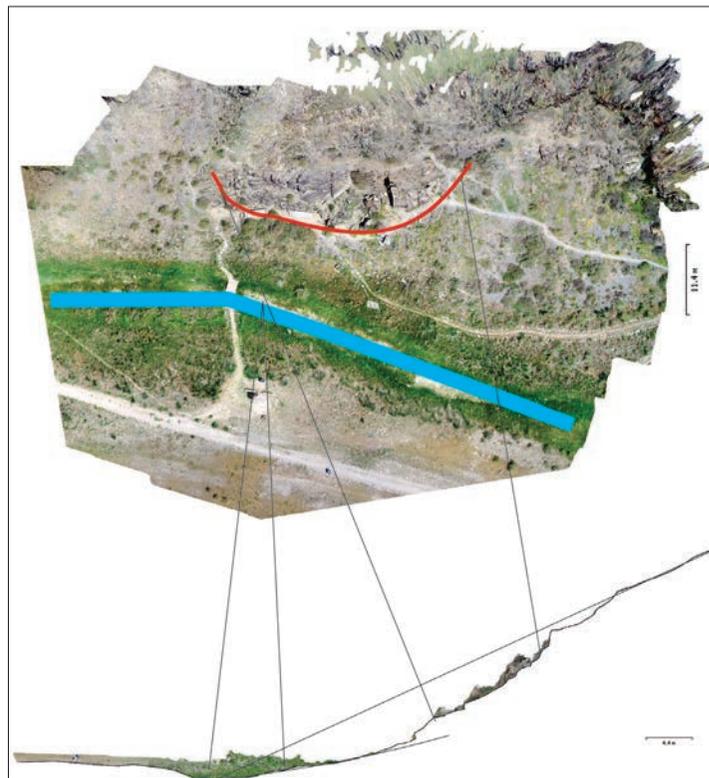


A

Рис. 9. А – схема развития осыпного склона и строение осыпного шлейфа (Условные обозначения: коренной массив; 1–3 – последовательность стадии осыпания и накопления осыпи; I – идеальный и II – реальный профили равновесия); В – сопоставление схемы развития осыпного склона II группы

9-сур. А – шөгінді беткейінің өзгеру және шөгінді шлейфтің құрылым схемасы (Шартты белгілер: негізгі массив; 1–3 – шөгу және шөгіндінің жиналу кезеңдерінің реттілігі; тепе-теңдіктің I – идеал және II – нақты профильдері); В – II топтың шөгінді беткейінің өзгеру схемасын салыстыру

Fig. 9. A – the scheme of development of the talus slope and the structure of the talus plume (Symbols: root massif; 1–3 – the sequence of the stage of precipitation and accumulation of talus; I – ideal and II – real equilibrium profiles); В – comparison of the scheme of development of the talus slope of group II



B

микросотрясения, которые дестабилизируют склон. Особенно негативное воздействие на склон проявляется во влажную погоду и после дождя. Как уже говорилось выше, суглинистый покров обладает высокой смачиваемостью, и его пластические свойства многократно возрастают в этот период.

Основным количественным показателем при оценке и прогнозе устойчивости склонов является коэффициент устойчивости (коэффициент запаса устойчивости), представляющий собой отношение сумм удерживающих и сдвигающих сил (или отношение моментов тех же сил), действующих по поверхности предполагаемого смещения оползневого тела.

Проведённые расчёты показали, что склон I-II групп неустойчив при любом расчётном случае. Сползание блока II группы петроглифов происходит за счёт высоты, крутизны и формы склона, геологического строения скальных пород, климатических условий. Минимальные углы наклона



склонов составляют 28°, тогда как угол естественного откоса 47°. Процесс их медленного сползания называют десерпция (сползание, опускание). Причинами десерпции являются изменения объёма обломочной массы, периодически повторяющимися промерзанием-протаиванием, изменением температуры и влажности. При термогенной десерпции частица, расширяясь при нагревании солнцем, как бы поднимается ближе к поверхности и, выведенная из состояния равновесия, успевает пройти некоторое расстояние вниз по склону, влекомая силой тяжести [Попов, Пустовит 2016: 25–34]. *Образование осыпей будет продолжаться до тех пор, пока уклон склона не станет меньше угла естественного откоса.*

Устройство тропинок на II группе петроглифов было продумано с целью дать посетителям возможность как можно ближе подойти к скальным массивам с петроглифами, чтобы лучше их рассмотреть. Однако в настоящее время совершенно ясно, что поток туристов по этим тропинкам подрезает склон, провоцируя его большее скольжение. Этому способствует и расчистка смотровой площадки от зарослей кустарника, который ранее «удерживал» сползающие глыбы. Увеличение антропогенной нагрузки склона и ущелья в целом не вызывает сомнений: при нанесении рисунков трещины были нитевидны, а их расхождения не наблюдалось (иначе не стали бы рисовать на таких скалах).

Динамику скольжения блоков провоцирует и антропогенное воздействие на склоны (его подрезка, увеличение нагрузки за счёт проводимых экскурсий, вибрации от разрабатываемого в 10 км от Тамгалы карьера и езды грузовых машин по шоссе в 1,5 км от ур. и пр.). Осложняет ситуацию близость к понижению, заполненному ручьем. Вода даёт постоянную просадку и, соответственно, подмытый склон будет проседать.

5 Заключение (Нигматова С.А.)

Опыт изучения, консервации, музеефикации петроглифов объекта всемирного наследия ур. Тамгалы показывает высокую значимость комплексных геолого-геоморфологических исследований. Оценка территории по интенсивности проявления опасных геологических процессов является одним из видов пространственных прогнозов, так как позволяет предсказать возможность проявления процесса как на всей территории в целом, так и на отдельных её участках. Важно начать комплекс геологических исследований на самых первых этапах изучения объектов с петроглифами и проводить их на регулярной основе. Помимо изучения геологической ситуации территории, климата, тектоники, минерального состава горных пород (не только объектов с петроглифами, но и сопутствующих им), геохимических, гидрогеологических, изучения свойств пород (плотность, пластичность, пористость, водопроницаемость, морозостойкость и др.), геохимии, изучения трещин, необходимо также ежегодно и постоянно проводить геодезические работы для инструментального мониторинга изменения положения скальных пород. Для понимания факторов изменения склона и разрушения петроглифов, представленных на нём, большую помощь оказало бы ведение журнала наблюдений, где по сезонам фиксировались температура, количество осадков, количество посетителей, наполненность ручьёв и другая информация, а также вносились геодезические данные по мониторинговым участкам. Это позволит увидеть реальную динамику скольжения блоков, выявить закономерности природно-антропогенного воздействия для дальнейшего успешного сохранения уникального исторического и археологического памятника урочища Тамгалы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Аполлонов М.К., Бандалетов С.М., Никитин И.Ф. Граница ордовика и силура в Казахстане. Алма-Ата: Наука, 1980. 299 с.
- 2 Аубекеров Б.Ж., Нигматова С.А. Геоархеологические исследования археологических объектов в верховьях реки Турген (Северный Тянь-Шань) // Археология Казахстана (Қазақстан археологиясы). 2021. № 1 (11). С. 120–144.
- 3 Аубекеров Б.Ж., Нигматова С.А., Рогожинский А.Е., Сала Р. Геоморфология и геологическое строение района историко-культурного памятника Танбалы // Актуальные проблемы геосистем аридных территорий.



- М-лы Междунар. науч.-практ. конф. «Вторые Жандаевские чтения» (г. Алматы, 20–22 мая 2003 г.) / Отв. ред. Л.К. Веселова, С.Б. Куанышбаев. Алматы: Қазақ Университеті, 2003. С. 289–294.
- 4 Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной зоны) / Под ред. Е.И. Рачковской, Е.А. Волковой, В.Н. Храмцова. СПб., 2003. С. 161-162.
 - 5 Епифанцев О.Г., Плетенчук Н.С. Трещиноватость горных пород. Основы теории и методы изучения: метод. реком. Новокузнецк: Сибирский гос. индустр. ун-т, 2008. 41 с.
 - 6 Красная книга Казахстана: Растения. Изд. 2-е, испр. и доп. / Под ред. И.О. Байтулина. Алматы: АртPrintXXI, 2014. Т. 2., ч. 1. 375 с.
 - 7 Марынич О.В., Нигматова С.А. Ценные ботанические объекты историко-культурного и природного заповедника-музея «Танбалы» // Ботанические исследования в Казахском Алтае: м-лы Междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию Алтайского ботанического сада и 70-летию Ю.А. Котухова / Гл. ред. И.О. Байтулин, отв. ред. Г.К. Бижанова. Алматы: [б./и.], 2005. С. 145-148.
 - 8 Никитин И.Ф. Ордовик Казахстана. Ч. I. Стратиграфия. Алма-Ата: Наука, 1972. 244 с.
 - 9 Никитина О.И., Толмачева Т.Ю. Региональная стратиграфическая шкала ордовика Казахстана: современное состояние и сопоставление с Общей и Международной стратиграфическими шкалами // Общая стратиграфическая шкала России. Состояние и перспективы обустройства. М-лы Всерос. конф. / Отв. ред. М.А. Федонкин (г. Москва, 23–25 мая 2013 г.). М.: Лема, 2013. С. 129-132.
 - 10 Попов Ю.В., Пустовит О.Е. Курс «Общая геология». Учебное пособие к разделу «Континентальные склоновые процессы и отложения». М.; Берлин: Директ-Медиа, 2016. 48 с.
 - 11 Решения III Казахстанского стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою. Ч. 1. Докембрий и палеозой (Алма-Ата, 1986). Алма-Ата: [б./и.], 1991. 146 с.
 - 12 Рогожинский А.Е. Петроглифы археологического ландшафта Тамгалы. Алматы: [б./и.], 2011. 342 с.
 - 13 Aubekerov B. J., Sala R., Nigmatova S.A. Late Holocene Paleoclimate and Paleogeography in the Tien Shan-Balkhash Region // Pages News. Oct. 2003. Vol. 11. Nr. 2&3. Pp. 24-26.

REFERENCES

- 1 Apollonov, M. K., Bandaletov, S. M., Nikitin, I. F. 1980. *Granitsa ordovika i silura v Kazahstane (The border of the Ordovician and Silurian in Kazakhstan)*. Alma-Ata: “Nauka” Publ. (in Russian).
- 2 Aubekerov, B. Z., Nigmatova, S. A. 2021. In: *Kazakhstan archeologiyasy (Kazakhstan Archeology)*, 1 (11), 120-144 (in Russian).
- 3 Aubekerov, B. Z., Nigmatova, S. A., Rogozhinskiy, A. E., Sala, R. 2003. In: Veselova, L. K., Kuanyshbayev, S. B. (eds.). *Vtorye Zhandaevskie chteniya (2nd Jandayev readings)*. Almaty: “Kazakh University” Publ., 289–294 (in Russian).
- 4 Rachkovskaya, E. I., Volkova, E. A., Khrantsov, V. N. (eds.). 2003. *Botanicheskaya geografiya Kazahstana i Sredney Azii (v predelakh pustynnoi zony) (Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert zone))*. Saint Petersburg, 161-162 (in Russian)
- 5 Epifantsev, O. G., Pletenchuk, N. S. 2008. *Treshchinovatosost gornyh porod. Osnovy teorii i metody izucheniya: metod. rekom. (Fracturing of rocks. Fundamentals of the theory and methods of study: method. recom.)*. Novokuznetsk: Siberian State industrial University (in Russian).
- 6 Baitulin, I. O. (ed.). 2014. *Krasnaya kniga Kazahstana: Rasteniya. Izd. 2-e, ispr. i dop. (The Red Book of Kazakhstan: Plants. 2nd edition, correct. and add.)*. Almaty: “ArtPrintXXI” Publ. Vol. 2., part 1 (in Russian).
- 7 Marynich, O. V., Nigmatova, S. A. 2005. In: Baitulin, I. O., Bizhanova, G. K. (eds.). *Botanicheskie issledovaniya v Kazahskom Altae (Botanical research in the Kazakh Altai)*. Almaty, 145-148 (in Russian).
- 8 Nikitin, I. F. 1972. *Ordovik Kazahstana. Ch. I. Stratigrafiya (Ordovician of Kazakhstan. Part I. Stratigraphy)*. Alma-Ata: “Nauka” Publ. (in Russian).
- 9 Nikitina, O. I., Tolmacheva, T. Y. 2013. In: Fedonkin, M. A. (ed.). *Obshchaya stratigraficheskaya shkala Rossii. Sostoyaniye i perspektivy obustroystva (The general stratigraphic scale of Russia. The state and prospects of the arrangement)*. Moscow: “Lema” Publ., 129-132 (in Russian).
- 10 Popov, Y. V., Pustovit, O. E. 2016. *Kurs «Obshchaya geologiya». Uchebnoye posobie k razdelu «Kontinentalnye sklonovye protsessy i otlozheniya» (Course “General geology”. Textbook for the section “Continental slope processes and deposits”)*. Moscow; Berlin: “Direkt-Media” Publ. (in Russian).



- 11 Resheniya III Kazhstanskogo stratigraficheskogo soveshchaniya po dokembriyu i fanerozoju. Ch. 1. Dokembriy i paleozoy (*Decisions of the 3rd Kazakhstan Stratigraphic Meeting on Precambrian and Phanerozoic. Part 1. Precambrian and Paleozoic*). Alma-Ata 1991 (in Russian).
- 12 Rogozhinskiy, A. E. 2011. *Petroglify arheologicheskogo landshafita Tamgaly (Petroglyphs of the archaeological landscape of Tamgaly)*. Almaty (in Russian).
- 13 Aubekero, B. J., Sala, R., Nigmatova, S. A. 2003. In: *Pages News*, 11, nr. 2&3, 24-26 (in English).

Мүдделер қақтығысы туралы ақпаратты ашу. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді. /
Раскрытие информации о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. /
Disclosure of conflict of interest information. The authors claim no conflict of interest.
Мақала туралы ақпарат / Информация о статье / Information about the article.
Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 16.01.2024.
Рецензенттер мақұлдаған / Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 09.03.2024.
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted for publication: 14.03.2024.

