ИГ УФИЦ РАН

ISSN 2619-0087

Геологический Вестник

Специальный выпуск

№ 1, 2018

ISSN 2619-0087

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

2018. № 1

Главный редактор
Пучков В.Н.

Заместитель главного редактора
Ковалев С.Г.

Редакционная коллегия:

Абдрахманов Р.Ф.
Артюшкова О.В.
Голованова И.В.
Горожанин В.М.
Данукалова Г.А.
Знаменский С.Е.
Казанцева Т.Т.
Кулагина Е.И.
Маслов А.В.
Осипов В.И.
Савельев Д.Е.
Салихов Д.Н.
Серавкин И.Б.
Сначев В.И.
Эрнст Р.

Учредитель:
Институт геологии
УФИЦ РАН

Адрес редакции:
450000, г. Уфа, ул.
К. Маркса, 16/2
Институт геологии
Тел.: (347) 272-76-36
E-mail: ig@ufaras.ru

© Институт геологии
УФИЦ РАН, 2018
© Авторы статей, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Акбашев А.Р., Абдрашитов Р.Х., Ардисламов Ф.Р., Белан Л.Н., Богдан Е.А., Полежанкина П.Г., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М. Геопарк «Янган-Тау» 3

Турикешев Г.Т.-Г., Данукалова Г.А. Геоморфологические особенности Юрюзано-Айской равнины (Южное Предуралье) ... 13

Пучков В.Н., Абдрахманов Р.Ф., Кисин А.Ю., Шанина С.Н. Газо-гидро-геотермальные явления горы Янгантау (Южный Урал) 24

Мичурин С.В., Бобохова Р.Б. Палеотемпературные исследования методом термодегазации нижнепермских отложений в районе горы Янгантау на Южном Урале 51

Абдрахманов Р.Ф. Минеральные источники района курорта «Янган-Тау» 59

Казанцева Т.Т. Роль геологического вещества в генезисе целебных источников горы Янгантау 66

Исмагилов Р.А. К перспективам сланцевых толщ янгантауской свиты 79

Казанцева Т.Т. Структурно-тектонический фактор в генезисе тепловых аномалий горы Янгантау 83

Кулагина Е.И. Разрезы башкирского яруса среднего карбона в Салаватском районе Республики Башкортостан 98

Исакова Т.Н., Филимонова Т.В., Кулагина Е.И. Значение фораминифер для определения ярусных границ пермской системы Международной стратиграфической шкалы на примере разреза Мечетлино 111

Черных В.В., Котляр Г.В., Кутыгин Р.В., Филимонова Т.В., Сунгатуллина Г.М., Мизенс Г.А., Сунгатуллин Р.Х., Исакова Т.Н., Бойко М.С., Иванов А.О., Мычко Э.В. Геологический разрез Мечетлино (Южный Урал). Палеонтологическая характеристика 119

Горожанин В.М. Отпечаток растения в сакмаро-артинских флишевых отложениях восточного борта Предуральского прогиба (на территории геопарка «Янган-Тау») 138

Данукалова Г.А., Юрин В.И., Косинцев П.А., Осипова Е.М., Курманов Р.Г. Биостратиграфические исследования отложений верхнего плейстоцена и голоцена пещеры Сикияз-Тамак 7 (Южный Урал, Россия) 144

ISSN 2619-0087

Russian Academy of Sciences
Ufa Federal Research Centre
Institute of Geology

GEOLOGICHESKII VESTNIK

2018. No. 1

Editor-in-Chief
Puchkov V. N.

Deputy Editor
Kovalev S. G.

Editorial board:
Abdrakhmanov R. F.
Artiushkova O. V.
Danukalova G. A.
Ernst R.
Golovanova I. V.
Gorozhanin V. M.
Kazantseva T. T.
Kulagina E. I.
Maslov A. V.
Osipov V. I.
Salikhov D. N.
Savel'ev D. E.
Seravkin I. B.
Snachev V. I.
Znamenskii S. E.

Constitutor:
Institute of geology
UFRC RAS

Editorial address:
450000, Ufa,
Karl Marks st., 16/2.
Institute of Geology.
Tel.: (347) 272-76-36
E-mail: ig@ufaras.ru

© Institute of geology
UFRC RAS, 2018
© Articles autors, 2018

CONTENTS

Akbashev A.R., Abdrashitov R.Kh., Ardislamov F.R., Belan L.N., Bogdan E.A., Polezhankina P.G., Farhutdinov I.M., Farhutdinov A.M. Geopark «Yangan-Tau» 3

Turikeshev G., Danukalova G. Geomorphological features of the Yuryuzan-Ai plain (Southern FORE-Urals)..... 13

Puchkov V.N., Abdrakhmanov R.F., Kissin A.Yu., Shanina S.N. Gashydro-geothermal phenomena of Yangantau Mountain (Southern Urals)..... 24

Michurin S.V., Bobokhova R.B. Paleotemperature studies by thermo-degassing of Lower Permian deposits in the region of Yangantau of the Southern Urals 51

Abdrakhmanov R.F. The mineral springs of the resort «Yangan-Tau»..... 59

Kazantseva T.T. The role of geological substance in genesis the principal sources of the mountain Yangantau 66

Ismagilov R.A. To the prospects of the shale strata of the Yangantau series.... 79

Kazantseva T.T. Structural-tectonic factor in genesis thermal anomalies of the mountain Yangantau..... 83

Kulagina E.I. Bashkirian stage (Pennsylvanian) sections in the Salavat district of the Bashkortostan Republic 98

Isakova T.N., Filimonova T.V., Kulagina E.I. The significance of foraminifers in definition of the stage boundaries in the Permian System of the International Stratigraphic Scale at the example of the Mechetlino Section 111

Chernykh V.V., Kotlyar G.V., Kutygin R.V., Filimonova T.V., Sungatullina G.M., Mizens G.A., Sungatullin R.Kh., Isakova T.N., Boiko M.S., Ivanov A.O., Mychko E.V. The Mechetlino section (Southern Urals). Paleontological characteristics.....119

Gorozhanin V.M. The fossil plant's print in silt-sandstone from the Lower Permian Sakmarian-Artian flysh deposites at the eastern part of PreUralian Foredeep (in the "Yangan-Tau" geopark territory).....138

Danukalova G.A., Yurin V.I., Kosintsev P.A., Osipova E.M., Kurmanov R.G. Biostratigraphical study of The Upper Pleistocene and Holocene deposits of the Sikiyaz-Tamak 7 cave (Southern Fore-Urals, Russia) 144

УДК 551 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-1

ГЕОПАРК «ЯНГАН-ТАУ»

© 2018 г. А. Р. Акбашев, Р. Х. Абдрашитов, Ф. Р. Ардисламов, Л. Н. Белан, Е. А. Богдан, П. Г. Полежанкина, И. М. Фархутдинов, А. М. Фархутдинов

Реферат. В статье приведено описание геопарка «Янган-Тау» и рассмотрен вопрос о рациональном использовании геологических памятников природы Салаватского района Республики Башкортостан. Дана краткая история создания геопарка, описание проведенных работ, план развития, описание территории.
Ключевые слова: геопарк «Янган-Тау», памятник природы, Южный Урал, Республика Башкортостан, геология, ЮНЕСКО

GEOPARK "YANGAN-TAU"

A. R. Akbashev, R. Kh. Abdrashitov, F. R. Ardislamov, L. N. Belan, E. A. Bogdan, P. G. Polezhankina, I. M. Farhutdinov, A. M. Farhutdinov

Abstract. In this paper, the project of a geopark "Yangan-Tau" and the question of rational use of geological monuments of nature of Bashkortostan Republic are discusstd.
Keywords: geopark "Yangan-Tau", nature monument, Southern Urals, Republic of Bashkortostan, geology, UNESCO

Геопарк — территория с обозначенными границами, не являющаяся особо охраняемой природной территорией (ООПТ), в ее пределах нет ограничений хозяйственной и рекреационной деятельности. Вместе с тем ключевые геологические и иные природные и культурные объекты, являющиеся основой геопарка, должны охраняться в рамках национального, регионального и местного законодательства. Сохранение геологического и негеологического наследия территории с возможностью использования их как объектов для популяризации науки и туризма является главной целью геопарка.

В 2004 г. при объединении 17 европейских и 8 китайских геопарков и поддержке ЮНЕСКО создана Глобальная сеть геопарков — Global Geoparks Network (GGN).

В настоящее время в GGN входит 127 геопарков в 35 странах мира [Фархутдинов и др., 2018; Сайт www.unesco.org] при этом в России и странах СНГ до сих пор нет ни одного геопарка, хотя, несомненно, потенциал для их создания велик. На территории Российской Федерации насчитывается около 3000 официально зарегистрированных государственных геологических памятников природы [Карпунин и др., 1998]. Большая часть из них имеет геоморфологическую (живописные ландшафты, экзотические формы рельефа, красивые скалы или останцы и т.д.) или бальнеологическую (лечебные источники) ценность. Значительно реже основанием для выделения памятника природы становилась научная ценность как объекта познания естественной истории Земли. На территории Республики Башкортостан (РБ) располагается одна из самых развитых сетей особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в стране (217 объектов, из которых 21 носит статус геологических памятников природы республиканского значения), которая занимает площадь 1014,07 тыс. га (7,06% от всей территории республики) [Гареев, 2004; Белан, Богдан, 2012; Фаррахов и др., 2012, 2013; Реестр ..., 2016; Ардисламов, 2017].

В мае 2016 года Глава Республики Башкортостан Р.З. Хамитов на пленарном заседании Международной научно-практической конференции «Перекресток культур: межкультурный диалог и сотрудничество на евразийском пространстве» в своей речи, обращенной, в том числе, к делегации ЮНЕСКО, заявил о необходимости создания на территории республики геопарка UNESCO. По решению этой конференции в 2016 г. при Правительстве Республики Башкортостан

создана рабочая группа по проектированию геопарка.

6 июня 2017 г. в рамках Международного экологического форума в г. Уфа на заседании Российского комитета международной программы ЮНЕСКО по геонаукам и геопаркам было представлено предложение об организации геопарка «Янган-Тау» в пределах Салаватского района РБ. 18 октября 2017 г. распоряжением Правительства Республики Башкортостан № 1009-р в Салаватском районе РБ создан геопарк «Янган-Тау».

К настоящему моменту администрацией геопарка «Янган-Тау» с целью вхождения в Глобальную сеть геопарков подано номинационное досье (заявка) в комиссию ЮНЕСКО, включающее разделы по геологическому, природному и культурному наследию, в котором определены границы и предложена система управления геопарком.

Геопарк «Янган-Тау» охватывает территорию Салаватского муниципального района Республики Башкортостан (рис. 1) [Фархутдинов и др., 2018]. Площадь его составляет 1774 км^2. Здесь расположено более 20 геологических объектов, из которых 3 (разрез Мечетлино, разрез Большая Лука, гора Янгантау) имеют международную, 10 — национальную и 21 объект — образовательную значимость.

Природное наследие представлено большим разнообразием видов растений и животных, занесенных в Красный список МСОП, Красную книгу России и Красную книгу Республики Башкортостан. Ключевая орнитологическая территория России БС – 022 («Уфимское плато»), имеющая национальную и международную значимость, включена в состав геопарка.

Территория отличается высоким уровнем развития нематериального культурного наследия, ежегодно в районе проводится международный фестиваль «Салауат йыйыны» с целью сохранения культурных традиций башкирского народа. Развиты многочисленные промыслы и ремесла: бортничество, коневодство, кумысоделие, создание народных костюмов и музыкальных инструментов, гончарное дело и искусство ковки, знахарство. Жители района участвуют в соревнованиях сэсэнов — сказителей мифов и преданий.

Материальное культурное наследие представлено 32 памятниками археологии (курганы, городища, селища, пещерные стоянки), из них 9 — федерального значения, в их числе Идрисовская пещерная стоянка.

На территории высоко развита туристская инфраструктура. Для любителей отдыха свои услуги предлагает АО Санаторий «Янган-Тау» уровня 5 звезд с развитой сетью экскурсионных маршрутов: пеших, конных, водных и др. Желающие активно провести время могут остановиться в кемпингах, в том числе в этническом юртовом кемпинге «Шайтан-Кудей». Геологическую и естественную историю района можно узнать, посетив музеи курорта «Янган-Тау», морской музей Каравелла, музей им. Салавата Юлаева.

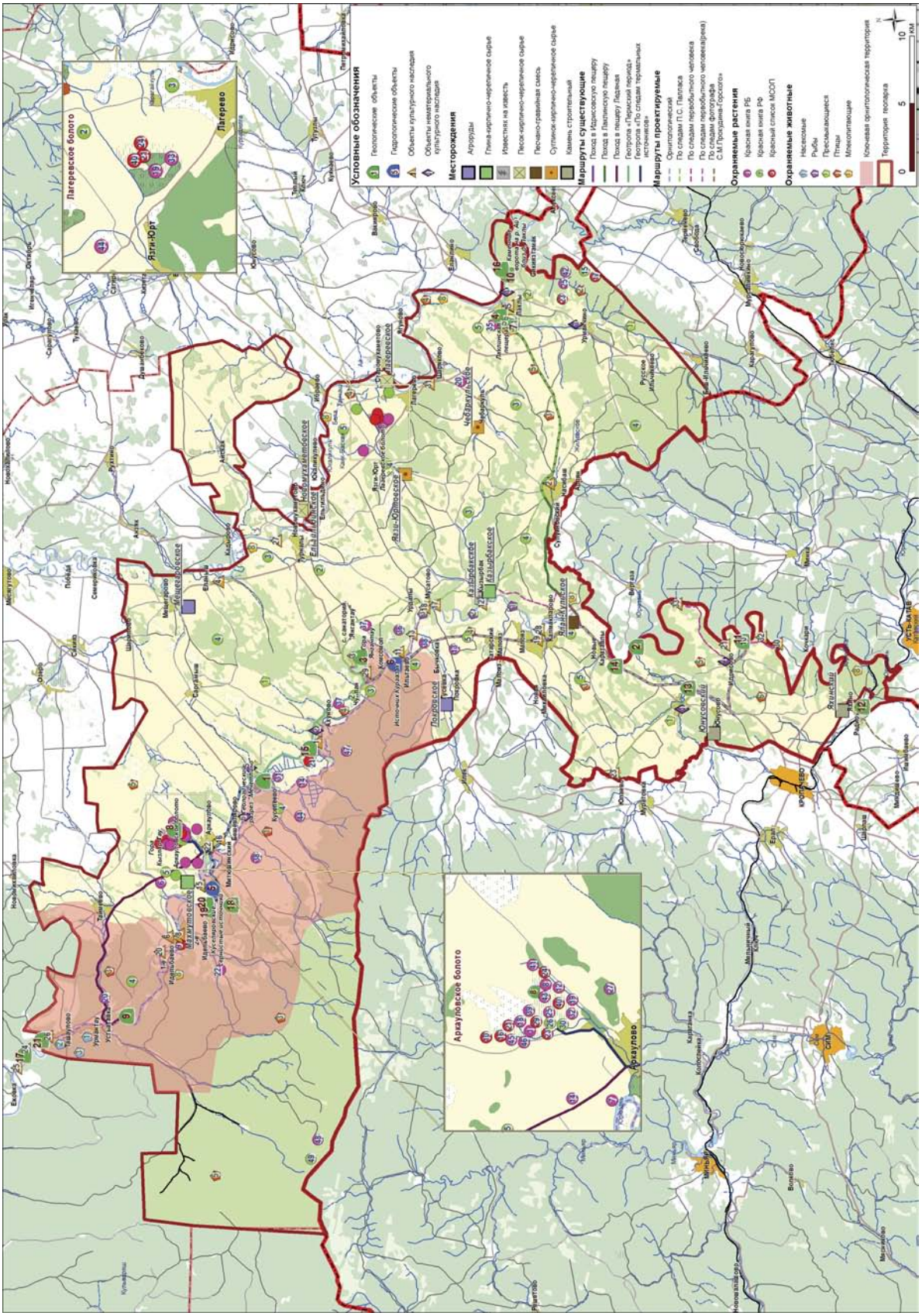
Функционируют экскурсионно-туристские маршруты с посещением геообъектов: Лаклинская, Идрисовская и Урмантауская пещеры, источник Кургазак, Куселяровские сернистые источники, каменные ворота у с. Лаклы, Яхьинский разрез, Лимоновский гребень и др. Геообразование в Салаватском районе развито за счет сети музеев. На территории функционируют 1 республиканский музей, 4 муниципальных музея, 1 ведомственный, 1 частный и 18 школьных музеев. Имеется Дом детского творчества с развитым туристическо-краеведческим направлением. На территории проходит полевая практика студентов географов и геологов Башкирского государственного университета.

Экономическое развитие района стабильно и имеет устойчивую положительную динамику. Наиболее развиты сельское хозяйство и сфера услуг. В развитие последних вносит значительный вклад наиболее крупное предприятие района — АО «Санаторий Янган-Тау». Управление геопарком осуществляется на базе АО «Санаторий Янган-Тау» с участием его многочисленных партнеров в области науки и геообразования, туризма, местного предпринимательства.

Территория геопарка «Янган-Тау» расположена в пределах двух крупных тектонических структур — Восточно-Европейской платформы и Уральских гор. В структурно-тектоническом отношении с запада на восток на территории выделяются: Восточно-Европейская платформа (Пермско-Башкирский свод), Предуральский прогиб (Юрюзано-Сылвенская депрессия) и Башкирский мегантиклинорий Уральской складчатой области.

Территория геопарка отличается высоким геологическим и геоморфологическим разнообразием. Здесь распространены горные породы с возрастным диапазоном от рифея до четвертичного периода.

Одним из центральных объектов геопарка является геологический разрез Мечетлино, потенциальный кандидат на роль международного эталона нижней границы (GSSP — A Global Boundary


Условные обозначения
Геологические объекты
Гидрологические объекты
Объекты культурного наследия
Объекты нематериального культурного наследия
Месторождения
Агроруды
Глина-кирпично-черепичное сырье
Известняк на известь
Песок-кирпично-черепичное сырье
Песчано-гравийная смесь
Суглинок-кирпично-черепичное сырье
Камень строительный
Маршруты существующие
Поход в Ирмасовскую пещеру
Поход в Пастинскую пещеру
Поход в пещеру Лысачья
Геотропа «Пермский период»
Геотропа «По следам термальных источников»
Маршруты проектируемые
Орнитологический
По следам П.С. Палласа
По следам первобытного человека
По следам первобытного человека(река)
По следам фотографа С.М.Прокудина-Горского
Охраняемые растения
Красная книга РБ
Красная книга РФ
Красный список МСОП
Охраняемые животные
Насекомые
Рыбы
Пресмыкающиеся
Птицы
Млекопитающие
Ключевая орнитологическая территория
Территория геопарка
Лагеревское болото
Лагерево
Ятан-Юрт
Аркаулово
Аркауловское болото
Мелеуз
Салават
Ишимбай
Кумертау
Янаул
Стерлитамак
Уфа
Белорецк
Сибай
Учалы
Абзелилово
Бакалы
Кармаскалы
Ермекеево
Чишмы
Бураево
Дюртюли
Туймазы
Давлеканово
Иглино
Аскино
Бирск
Белебей
Шаран
Дуван
Мишкино
Миякинский
Кушнаренково
Караидель
Чишминский
Бижбуляк
Гафурийский
Абзаевский
Ишимбайский
Кугарчинский
Бурзянский
Мечетлинский
Зианчурино
Белокатай
Нуримановский
Альшеевский
Шаранский
Дюртюлинский
Туймазинский
Бакалинский
Кармаскалинский
Ермекеевский
Чишминский
Бураевский
Давлекановский
Иглинский
Аскинский
Бирский
Белебеевский
Дуванский
Мишкинский
Миякинский
Кушнаренковский
Караидельский
Чишминский
Бижбулякский
Гафурийский
Абзаевский
Ишимбайский
Кугарчинский
Бурзянский
Мечетлинский
Зианчуринский
Белокатайский

Stratotype Section and Point) кунгурского яруса пермской системы Международной Стратиграфической Шкалы. Разрез расположен на правом берегу реки Юрюзань у с. Мечетлино. С площадки перед разрезом открывается живописная панорама на долину р. Юрюзань. Изучением разреза занимаются ведущие геологи, стратиграфы и палеонтологи Казани, Санкт-Петербурга, Якутска и Москвы. Пограничный артинско-кунгурский интервал содержит многочисленные ископаемые остатки бентосной и пелагической фауны, позволяющей трассировать нижнюю границу кунгурского яруса очень широко, а также ископаемые остатки растений хорошей сохранности (рис. 2). Официальным маркером нижней границы кунгурского яруса выбран конодонт *Neostreptognathodus pnevi* Kozur et Movshovitsch в эволюционной линии *N. Pequopensis – N. pnevi* [Черных, 2008; Чувашов, Черных, 2011]. Дополнительным маркером, установленным на разрезе Мечетлино, является конодонт *Neostreptognathodus lectulus* в эволюционной линии *N. Pequopensis – N. lectulus*. На границе артинского и кунгурского ярусов установлена смена условий осадконакопления. Глубоководные осадки конца артинского века и начала кунгурского постепенно сменились постепенным накоплением эвапоритов, что, видимо, было связано со снижением уровня Мирового океана и частичным перекрытием проливов, соединявших эвапоритовые бассейны с открытым океаном [Чувашов, Черных, 2011; Chernykh et al., 2012; Kotlyar et al., 2016; Сунгатуллин и др., 2017; Котляр и др., 2017].

Разрез Мечетлино в 2015 г. посетили участники Международного геологического конгресса по карбону и перми [Chernykh et al., 2015].

На территории Салаватского района расположены разрезы башкирского яруса каменноугольной системы Большая Лука и Лаклы, послужившие основой для установления этого подразделения первоначально в качестве башкирских слоев [Семихатова, 1934]. В настоящее время башкирский ярус является подразделением Международной стратиграфической шкалы [Алексеев и др., 2013]. Типовым разрезом башкирского яруса является разрез Большая Лука на левом берегу р. Юрюзань напротив д. Верхняя Лука [Семихатова, 1941; Немировская, Алексеев, 1993; Кулагина, 2008; Kulagina, Nikolaeva, 2016].

В Салаватском районе, 90% площади которого занимает геопарк «Янган-Тау», широко известен комплексный геологический и рекреационный объект федерального значения — гора Янгантау,

Рис. 2. Окаменелые остатки хвощевых растений пермского периода, разрез Мечетлино. *Фото Ф.Р. Ардисламова*
Fig. 2. Petrified remains of horsetail plants of the Permian period, the Mechetlino section. *Photo by F.R. Ardislamov*

в переводе с башкирского «Горящая гора» [Нигматулин и др., 1998; Пучков, Абдрахманов, 2003; Казанцева, 2014; Пучков и др., 2018]. На высоком обрывистом берегу р. Юрюзань, сложенном битуминозными карбонатами и сланцами сакмарского и артинского ярусов нижней перми, издавна известны геотермальные явления — из недр непрерывно выходят горячие пары, хотя какая-либо магматическая активность здесь отсутствует. Первое научное описание этого феномена принадлежит академику П.С. Палласу в 1770 г. С тех пор и поныне феномен горы Янгантау является ареной столкновения различных научных гипотез. Гора Янгантау внесена в Глобальный реестр геологического наследия планеты в рамках программы ProGEO.

У подножия горы Янгантау бьют родники пресных и минеральных вод (гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых, кальциево-натриевых, сернистых). Вблизи известны также выходы радоновых вод [Абдрахманов, Попов, 1999; Пучков, Абдрахманов, 2003, 2018].

На территории геопарка расположены также низинные болота, радоновый источник Кургазак (дебит 100–125 л/сек) и Куселяровские сернистые источники, являющиеся памятниками природы Республики Башкортостан [Реестр ..., 2016].

Минерально-сырьевая база представлена месторождениями бокситов (Улуирское, Айское, Новое), известняка (Мурсалимкинское, Кызырбаковское), песчано-гравийной смеси (Ялан-Кульское), кирпичного сырья (Чебаркульское, Язги-Юртовское и др.), агрономических руд (Мещегаровское, Мурсалимкинское, Покровское) и торфа (Мещегаровское, Лагеревское).

Проект создания геопарка, представленный в номинационном досье для вступления в GGN, выполнен с участием специалистов АО «Санаторий Янган-Тау», ГУП НИИ БЖД РБ, Института геологии УФИЦ РАН, Башкирского государственного университета, Регионального отделения Русского географического общества в Республике Башкортостан и Казанского федерального университета в 2017 г.

В результате проведенных работ определены границы геопарка, составлен перечень уникальных геологических, природных, археологических и историко-культурных объектов, подготовлены тематические карты. Оценены принятые меры охраны природных, геологических и археологических объектов. Проведен анализ текущего социально-экономического положения территории. Предложена схема управления геопарком. Разработана маркетинговая стратегия развития, включающая SWOT-анализ (Strength–Weakness–Opportunities–Threats) (см. табл.). Систематизированы существующие и разработаны новые туристские и экскурсионные маршруты, гео- и экотропы, образовательные программы для средних и высших учебных заведений. Созданы аккаунты в социальных сетях. Оценена транспортная доступность, создана общая геоинформационная система геопарка, включающая тематические карты по всем перечисленным направлениям.

Проведенный анализ мирового опыта, природной привлекательности и развитости инфраструктуры территории геопарка «Янган-Тау» показал, что благодаря развитию геотуризма, обустройству геологических объектов и развитию туров и экскурсий туристский поток в Салаватский район Республики Башкортостан может увеличиться на 20%.

При продвижении геопарка «Янган-Тау» как территории, благоприятной для развития туризма, можно ожидать социально-экономические и социально-культурные эффекты: увеличение внутреннего спроса на туристский продукт, рост внутреннего валового продукта и улучшение платежного баланса Республики Башкортостан за счет развития въездного туризма, сокращения выездного турпотока в результате развития внутреннего туризма.

В целом ожидаемый социально-экономический эффект будет выражаться в следующем:

- содействие экономическому развитию региона путем увеличения потока организованных туристов в Республику Башкортостан;
- развитие территориальной инфраструктуры (транспортной, туристской, социальной);
- стимулирование традиционных форм природопользования, производства экологически чистых продуктов питания и принципов строительства;
- увеличение занятости в сфере туризма;
- создание новых рабочих мест для местного населения в сфере предпринимательства, в сфере сопутствующих услуг, в сфере обслуживания;
- увеличение инвестиций как в инфраструктуру и сервис, так и в охрану природы, что будет способствовать увеличению налогооблагаемой базы и доходов бюджетов.

Ожидаемый социально-культурный эффект будет выражаться в следующих ключевых показателях:

- сохранение объектов геологического, природного и культурного значения;

- сохранение культурных традиций и традиционного уклада жизни, сохранение памятников, объектов старины;
- рост благосостояния местного населения и развитие специального образования, направленного на приобретение туристических и природоохранных профессий;
- формирование престижа региона и страны в целом;
- увеличение самозанятости населения и развитие альтернативных сфер занятости;

Таблица

SWOT анализ

Table

SWOT analysis

ВНУТРЕННИЕ	ВНЕШНИЕ
ПОЗИТИВНЫЕ	
Сильные стороны	**Возможности**
Хорошо сохранившаяся природа и привлекательные пейзажи Сильная региональная идентичность Двух-, пятичасовая близость к городам с населением более 1 млн. человек (Уфа, Челябинск, Пермь, Екатеринбург) Высококачественные агропродовольственные товары Заинтересованность местных властей в развитии туризма, наличие имиджа, бренда территории Известность территории на национальном уровне (курорт «Янган-Тау») Близость федеральной трассы М5 к району Безопасность пребывания туристов Наличие уникальных культурно-исторических ресурсов, связанных с именем Салавата Юлаева Наличие лечебно-оздоровительных и уникальных туристско-рекреационных ресурсов Наличие благоприятных природных и климатических условий Приветливое местное население	Тенденции к развитию внутреннего и въездного туризма Развитие дорожных сетей Сохранение и развитие геологического наследия Салаватского района Включение местного бизнеса в работу геопарка Развитие частного, агропродовольственного и туристского секторов Развитие туристско-рекреационной инфраструктуры (строительство туристских центров, туристских стоянок, кемпингов, создание национальных кафе, служб бытового и технического обслуживания и т. д.) Формирование и развитие инженерной, социальной, информационной и телекоммуникационной инфраструктуры Подготовка квалифицированных специалистов в сфере предоставления туристских услуг Возможность сочетания различных видов туризма Создание новых рабочих мест для местного населения, улучшение качества их жизни Увеличение инвестиционной привлекательности туристической отрасли
НЕГАТИВНЫЕ	
Слабые стороны	**Угрозы**
Слабость делового сотрудничества и отсутствие сильных сетей ассоциаций бизнеса Низкая квалификация кадров Отсутствие конкурентоспособности и профессионализации предприятий агропродовольственного и туристского сектора Отсутствие маркетинга агропродовольственной продукции и туристских услуг Отсутствие доступных долгосрочных кредитных инструментов с низкими процентными ставками, не позволяющее инвестировать развитие туризма Отсутствие определения общего проекта для региона Неразвитость инфраструктуры размещения, транспортной инфраструктуры Сезонный характер туризма	Риск ужесточения санкций в отношении Российской Федерации, в том числе в области геотуризма и геообразования Постепенная эмиграция молодого, квалифицированного населения и трудности для его возвращения Слабость инноваций в управлении бизнесом в сельском хозяйстве Отсутствие сотрудничества с частным сектором Отток туристов на территории с более развитой инфраструктурой (Челябинская область) Нестабильность уровня качества сервиса Снижение доходов населения Рост рекреационной нагрузки на территорию района в связи с увеличением количества туристских прибытий Слабая координация в проведении туристской политики, развитии менеджмента регионального и субрегионального уровней Недостаток информационного обеспечения в сфере туризма

- снижение миграционного оттока населения из Салаватского района Республики Башкортостан, привлечение молодежи к работе по развитию села.

В ходе проведения SWOT-анализа (см. табл.) выявлены сильные стороны и внешние возможности, которые могут быть положены в основу конкурентной стратегии развития туризма на территории геопарка «Янган-Тау».

В настоящее время в Правительстве РБ утверждается «дорожная карта» по формированию и развитию геопарка «Янган-Тау», в которой предусмотрены: определение нормативно-правовых основ создания и ведения хозяйственной деятельности; образовательная, просветительская, информационная деятельность; участие сельских поселений Салаватского района РБ в развитии геопарка; научно-исследовательские работы; мероприятия по управлению и туристско-рекреационному развитию территории геопарка.

Таким образом, геопарк — перспективный путь устойчивого развития территории, охраны природы, стимулирования экономики региона, поддержки традиционного образа жизни местного населения и сохранения уникального культурного наследия. Геопарк «Янган-Тау» может решить комплекс вопросов: охрана природы, развитие туризма, подъем социально-экономического уровня региона. Геопарк станет представительным музеем под открытым небом. В рамках работы геопарка планируются: научно-познавательные лекции для дошкольных и школьных учреждений; информационно-просветительская деятельность; пропаганда и профориентация в области наук о Земле; создание научно-популярных ресурсов; издание научной и познавательной литературы; проведение мероприятий с целью популяризации естественных наук; участие в региональных, национальных и международных конференциях, симпозиумах, грантах. Важным аспектом реализации данного проекта на территории РБ и России является закрепления понятия «геопарк» в республиканском и федеральном правовом поле и разработка закона «О геологическом наследии и геопарках».

Заключение

Перспективность возникновения и развития сети геопарков в России весьма высока. Во-первых, потому что, как показывает мировой опыт, геопарки — это территории, где хозяйственная деятельность и охрана природы находятся в балансе и демонстрируют эффективную политику устойчивого развития. Во-вторых, ближайшие геопарки, входящие в GGN, находятся почти за 3 тыс. км от нашей республики [Исмагилов и др., 2018], что предопределяет высокую конкурентоспособность в данной сфере. В-третьих, геопарки обеспечат новые возможности для социально-экономического роста регионов. Появление геопарка «Янган-Тау» открывает перспективы развития внутреннего и въездного геотуризма, популяризацию гео- и экообразования, увеличения рабочих мест, сохранения и популяризации культуры, повышения инвестиционной привлекательности.

Природно-ландшафтные особенности, этнокультурные традиции и фольклор, археологические памятники, уникальные геологические объекты, развитая инфраструктура, наличие лучшего в России бальнеологического курорта и всесторонняя поддержка Правительства РБ, администрации и населения Салаватского района позволяют надеяться, что геопарк «Янган-Тау» станет примером гармоничного развития территории с выраженным балансом между хозяйственной деятельностью и охраной природы

Литература:

Абдрахманов Р.Ф. Минеральные источники района курорта «Янган-Тау» // Геологический вестник. – 2018. – № 1. – С. 59–65.

Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Минеральные лечебные воды Башкортостана. – Уфа: Изд-во Гилем, 1999. – 298 с.

Алексеев А.С., Коссовая О.Л., Горева Н.В. Состояние и перспективы совершенствования Общей шкалы каменноугольной системы России // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и проблемы обустройства: Всероссийское совещание: Сборник статей. 23–25 мая 2013 г., ГИН РАН, г. Москва. – М.: ГИН РАН, 2013. – С. 165–177.

Ардисламов Ф.Р. Геологические памятники природы и меры по их охране и рациональному использованию в Республике Башкортостан // Вестник Башкирского университета. – 2017. – Т. 22, № 2. – С. 418–423.

Белан Л.Н., Богдан Е.А. Природно-рекреационный потенциал Республики Башкортостан: современное положение и перспективы использования // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2012. – № 10. – С. 73–77.

Гареев Э.З. Геологические памятники природы Республики Башкортостан. – Уфа: Тау, 2004. – 296 с.

Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М. Создание геопарка ЮНЕСКО в Башкирии // Природа. – 2018. – № 1. – С. 35–41.

Казанцева Т.Т. О происхождении и сохранении феномена горы Янган-Тау // Вестник АН РБ. – 2014. – Т. 19, № 3. – С. 16–28.

Карпунин А.М., Мамонов С.В., Мироненко О.А., Соколов А.Р. Геологические памятники природы России: К 300-летию горно-геол. службы России (1700–2000). – СПб., 1998. – 200 с.

Котляр Г.В., Черных В.В., Мизенс Г.А., Сунгатуллин Р.Х., Сунгатуллина Г.М., Кутыгин Р.В., Филимонова Т.В., Давыдов В.И., Нургалиева Н.Г., Балабанов Ю.П., Линкина Л.И., Гареев Б.И., Баталин Г.А. Комплексное изучение разреза Мечетлино, Южный Урал // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting – 2017 и Четвертая Всероссийская конференция «Верхний палеозой в России». Планетарные системы позднего палеозоя: биостратиграфия, геохронология и углеводородные ресурсы. Казань, сент., 19–23, 2017 / *Под ред. Д.К. Нургалиева и В.В. Силантьева*. – Казань: Изд-во КГУ, 2017. – С. 99–100.

Кулагина Е.И. Объемы и границы подразделений Международной стратиграфической шкалы карбона на Южном Урале // Геологический сборник № 7 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа, 2008. – С. 205–218.

Немировская Т.И., Алексеев А.С. Конодонты башкирского яруса разреза Аскын (Горная Башкирия) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. – 1993. – Т. 68, Вып. 1. – С. 65–86.

Нигматулин Р.И., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Бобохов А.С. Геология и генезис тепловых аномалий горы Янгантау. – Уфа, 1998. – 70 с.

Пучков В.Н., Абдрахманов Р.Ф. Особенности газогидро-геотермальных явлений горы Янгантау и прилегающих территорий (Южный Урал) // Литосфера. – 2003. – № 4. – С. 65–77.

Пучков В.Н., Абдрахманов Р.Ф., Кисин А.Ю., Шанина С.Н. Газогидро-геотермальные явления горы Янгантау (Южный Урал) // Геологический вестник. – 2018. – № 1. – С. 24–50.

Реестр особо охраняемых природных территорий республиканского значения. – 3-е изд., перераб. – Уфа: Из-во Белая река, 2016. – 400 с.

Сайт www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/ (дата обращения 27.02.2018).

Семихатова С.В. Отложения московской эпохи в Нижнем и Среднем Поволжье и положение московского яруса в общей схеме напластований каменноугольной системы в СССР // Проблемы советской геологии. – 1934. – Т. 3, № 8. – С. 73–90.

Семихатова С.В. Брахиоподы башкирских слоев СССР. 1. Род Choristites Fischer. – М., 1941. – Т. 12. – 152 с. – (Тр. ПИН АН СССР; Вып. 4).

Сунгатуллин Р.Х., Мизенс Г.А., Сунгатуллина Г.М., Гареев Б.И., Баталин Г.А., Садриев Ф.Ф. Геохимические характеристики разрезов Мечетлино и Дальний Тюлькас // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting – 2017 и Четвертая Всероссийская конференция «Верхний палеозой в России». Планетарные системы позднего палеозоя: биостратиграфия, геохронология и углеводородные ресурсы / *Под ред. Д.К. Нургалиева и В.В. Силантьева*. Казань, сент., 19–23, 2017. – Казань: Изд-во КГУ, 2017. – С. 195–196.

Фаррахов Е.Г., Никонов В.Н., Белан Л.Н., Ильясов Р.К. Перспективы геотуризма в Башкортостане // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 3. – С. 65–69.

Фаррахов Е.Г., Никонов В.Н., Белан Л.Н., Ильясов Р.К., Богдан Е.А. Перспективы развития профессионального геологического туризма в России (на примере Башкортостана) // Уникальные геологические объекты России: сохранение и рекреационный потенциал: Докл. Междунар. конф. – СПб: ВСЕГЕИ, 2013. – С. 129–133.

Фархутдинов И.М., Белан Л.Н., Фархутдинов А.М., Исмагилов Р.А., Богдан Е.А. Перспективы создания геопарка ЮНЕСКО в Республике Башкортостан // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2018 (В печати).

Черных В.В. Определение ярусных границ международной шкалы по конодонтам // Литосфера. – 2008. – № 1. – С. 3–17.

Чувашов Б.И., Черных В.В. Разрез Мечетлино (Южный Урал) — потенциальный лимитотип нижней границы Кунгурского яруса // Докл. РАН. – 2011. – Т. 441, № 5. – С. 657–660.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section: A candidate for the Global Stratotype and Point (GSSP) of the Kungurian Stage (Cisuralian, Lower Permian) //Permophiles. – 2012. – V. 21. – P. 21–34.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section // Southern Urals. Deep water successions of the Carboniferous and Permian. Pre-Congress A3 Trip, Aug. 6–10, 2015 / *D.K. Nurgaliev (Ed.)* // A Field Guidebook of 18 International Congress on Carboniferous and Permian. Aug. 11–15, 2015. – Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Press, 2015. – P. 5–19. URL: http:// kpfu.ru/iccp2015.

Kotlyar G., Sungatullina G., Sungatullin R. GSSPs for the Permian Cisuralian Series stages // Permophiles. – 2016. – V. 63. – P. 32–37.

Kulagina E.I., Nikolaeva S.V. The Bashkirian stratotype at Yuryuzan River in the Southern Urals (Pennsylvanian). // Planet Earth — in Deep Time. Palaeozoic Series: Devonian & Carboniferous / *T.J. Suttner, E. Kido, P. Königshof, J.A. Waters, L. Davis, F. Messner (Eds)*. – Schweizerbart Science Publishers, 2016. – P. 194–196.

References:

Abdrakhmanov R.F. Mineral'nyye istochniki rayona kurorta «Yangan-Tau» [Mineral springs of the resort area «Yangan-Tau»] // Geologicheskiy vestnik [Geological Herald]. 2018. No. 1. P. 59–65. (In Russian).

Abdrahmanov R.F., Popov V.G. Mineral'nye lechebnye vody Bashkortostana. [Mineral medicinal waters of the Bashkortostan] Ufa, 1999. 298 p. (In Russian).

Alekseyev A.S., Kossovaya O.L., Goreva N.V. Sostoyanie i perspektivy sovershenstvovania Obshey shkaly kamennougol'noy sistemy Rossii [Current State and perspectives of the perfection of the General Stratigraphic Scale for the Carboniferous System of Russia] // Obshchaya stratigraficheskaya shkala Rossii: sostoyaniye i problemy obustroystva. Vserossiyskoye soveshchaniye. [The general stratigraphic scale of Russia: the state and problems of arrangement. All-Russian meeting.] May 23–25, 2013, Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow. Moscow: GIN RAN, 2013. P. 9–13 (In Russian).

Ardislamov F.R. Geologicheskiye pamyatniki prirody i mery po ikh okhrane i ratsional'nomu ispol'zovaniyu v Respublike Bashkortostan [Geological monuments of nature and measures for their protection and rational use in the Republic of Bashkortostan] // Vestnik Bashkirskogo universiteta. [Bulletin of

the Bashkir University]. 2017. V. 22, No 2. P. 418–423 (In Russian).

Belan L.N, Bogdan E.A. Prirodno-rekreacionnyi potencial Respubliki Bashkortostan: sovremennoe polozhenie i perspektivy ispol'zovaniya [Natural and recreational potential of the Republic of Bashkortostan: current situation and prospects of use] // Strategiya ustoichivogo razvitiya regionov Rossii. [Strategy of sustainable development of Russian regions]. 2012. No 10. P. 73–77 (In Russian).

Chernykh V.V. Opredelenie yarusnyh granic mezhdunarodnoy shkaly po konodontam [The definition of stage boundaries of the international scale on conodonts] // Litosphera [Litosphere]. 2008. No 1. P. 3–17 (In Russian).

Chuvashov B.I., Chernykh V.V. Razrez Mechetlino (Yuzhnyy Ural) — potentsial'nyy limitotip nizhney granitsy Kungurskogo yarusa. [The Mechetlino section (the southern Urals) is a potential limitotypic of the lower boundary of the Kungur Stage] // Doklady Akademii nauk [Proceedings of the Russian Academy of Sciences]. 2011. V. 441, No 5. P. 657–660 (In Russian).

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section: A candidate for the Global Stratotype and Point (GSSP) of the Kungurian Stage (Cisuralian, Lower Permian) // Permophiles. 2012. V. 21. P. 21–34.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I, Schmitz M.D. Mechetlino Section // Southern Urals. Deep water successions of the Carboniferous and Permian. Pre-Congress A3 Trip, Aug., 6–10, 2015 / *D.K. Nurgaliev (Ed.)* // A Field Guidebook of XVIII International Congress on Carboniferous and Permian. Aug., 11–15, 2015. Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Press, 2015. P. 5–19. URL: http:// kpfu.ru/ iccp2015.

Farrahov E.G., Nikinov V.N., Belan L.N., Il'yasov R.K. Perspektivy geoturizma v Bashkortostane [Prospects of Geotourism in Bashkortostan] // Razvedka i ohrana nedr [Exploration and protection of mineral resources]. 2012. No 3. P. 65–69 (In Russian).

Farrahov E.G., Nikinov V.N., Belan L.N., Il'yasov R.K., Bogdan E.A. Perspektivy razvitiya professional'nogo geologicheskogo turizma v Rossii (na primere Bashkortostana) [Perspectives of development of professional geological tourism in Russia (on the example of Bashkortostan)] / Materialy dokldov Mezhdunar. konf. "Unikal'nye geologicheskie ob'ekty Rossii: sohranenie i rekreacionnyi potencial" [Proceedings of the International Conference "Unique Geological Objects of Russia: Preservation and Recreational Potential"]. Sankt-Peterburg: VSEGEI, 2013. P. 129–133 (In Russian).

Farhutdinov I.M., Belan L.N., Farhutdinov A.M., Ismagilov R.A., Bogdan E.A. Perspectivy sozdaniya geoparka UNESCO v Respublike Bashkortosyan [Prospects for the creation of the UNESCO Geopark in the Republic of Bashkortostan] // Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan [Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan]. In print. (In Russian).

Gareyev E.Z. Geologicheskiye pamyatniki prirody Respubliki Bashkortostan. [Geological monuments of nature of the Republic of Bashkortostan] Ufa: Tau, 2004. 296 p. (In Russian).

Ismagilov R.A., Farhutdinov I.M. Farhutdinov A.M. Sozdanie geoparka IUNESKO v Bashkirii [Establishment of the UNESCO Geopark in the Bashkortostan] // Priroda [Nature]. 2018. No 1. P. 35–41 (In Russian).

Karpunin A.M., Mamonov S.V., Mironenko O.A., Sokolov A.R. Geologicheskiye pamyatniki prirody Rossii: K 300-letiyu gorno-geol. sluzhby Rossii (1700–2000). [Geological monuments of nature of Russia: To the 300th anniversary of the mining and geological service of Russia (1700–2000)]. Sankt-Peterburg, 1998. 200 p. (In Russian).

Kazantseva T.T. O proishozhdenii i sohranenii fenomena Yangan-Tau [On the origin and preservation of the phenomenon of the Yangan-Tau Mountain] // Vestnik AN RB. 2014. V. 19, No 3. P. 16–28 (In Russian).

Kotlyar G., Sungatullina G., Sungatullin R. GSSPs for the Permian Cisuralian Series stages // Permophiles. 2016. V. 63. P. 32–37.

Kotlyar G.V., Chernykh V.V., Mizens G.A. , Sungatullin R.Kh., Sungatullina G.M., Kutygin R.V., Filimonova T.V., Davydov V.I., Nurgaliyeva N.G., Balabanov Yu.P., Linkina L.I., Gareyev B.I., Batalin G.A. Complex study of the Mechetlino section, South Urals // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting – 2017 and Fourth All-Russian Conference «Upper Palaeozoic of Russia». Upper Palaeozoic Earth systems: high-precision biostratigraphy, geochronology petroleum resources. Abstract volume / *D.K. Nurgaliev, V.V. Silantiev (Eds.)*. Kazan, Sept., 19–23, 2017. Kazan: Kazan University Press, 2017. P. 99–100 (In Russian).

Kulagina E.I. Ob'yemy i granitsy podrazdeleniy Mezhdunarodnoy stratigraficheskoy shkaly karbona na Yuzhnom Urale [The volumes and boundaries of the subdivisions of the International Stratigraphic scale of the Carboniferous in the Southern Urals] // Geologicheskii sbornik № 7 / IG UNC RAN [Geological collection No 7 / IG USC RAS]. Ufa: DesignPoligraphService, 2008. P. 205–218 (In Russian).

Kulagina E.I., Nikolaeva S.V. The Bashkirian stratotype at Yuryuzan River in the Southern Urals (Pennsylvanian). // Planet Earth — in Deep Time. Palaeozoic Series: Devonian & Carboniferous / *T.J. Suttner, E. Kido, P. Königshof, J.A. Waters, L. Davis, F. Messner (Eds)*. Schweizerbart Science Publ., 2016. P. 194–196.

Nemirovskaya T.I., Alekseyev A.S. Konodonty bashkirskogo yarusa razreza Askyn (Gornaya Bashkiriya) [Conodonts of the Bashkirian stage of the Askin section (Mountainous Bashkiria)] // Byull. MOIP. Otd. geol. [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Geological series] 1993. V. 68, Iss. 1. P. 65–86 (In Russian).

Nigmatulin R.I., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V., Bobohov A.S. Geologiya I genesis teplovyh anomaliy gory Yangantu [The geology and genesis of the thermal anomalies of the Yangantau Mountain]. Ufa, 1998. 70 p. (In Russian).

Puchkov V.N., R.F. Abdrakhmanov. On Gas-Hydro-Geothermal phenomenon of the Yangantau Mountain and adjacent territories (Southern Urals). [Features of Gas-Hydro-Geothermal phenomenon of the Yangantau Mountain and adjacent territories (Southern Urals)] // Litosphera [Lithosphere]. 2003. No 4. P. 65–77 (In Russian).

Puchkov V.N., Abdrakhmanov R.F., Kisin A.Yu., Shanina S.N. Gazogidro-geotermal'nyye yavleniya gory Yangantau (Yuzhnyy Ural) [Gas-hydrothermal phenomena of the Yangantau mountain (Southern Urals) // Geologicheskiy vestnik [Geological Herald]. 2018. No 1. P. 24–50 (In Russian).

Reestr osobo ohranyaemih prirodnyh territoriy respublikanskogo zhacheniya. Izdanie 3, pererabotannoe. [Register

of specially protected natural areas of national importance]. Izdanie 3, pererabotannoe. Ufa: Izdatel'stvo "Belaya Reka". 2016. 400 p. (In Russian).

Semikhatova S.V. Otlozheniya moskovskoy epokhi v Nizhnem i Srednem Povolzh'ye i polozheniye moskovskogo yarusa v obshchey skheme naplastovaniy kamennougol'noy sistemy v SSSR [Deposits of the Moscow epoch in the Lower and Middle Volga region and the position of the Moscowian stage in the general pattern of bedding of the Carboniferous system in the USSR] // Problemy sovetskoy geologii. 1934. V. 3, No 8. P. 73–90 (In Russian).

Semikhatova S.V. Brakhiopody bashkirskikh sloyev SSSR. [Brachiopods of the Bashkir strata of the USSR. 1. The genus Choristites Fischer]. M., 1941. V. 12. 152 p. (Trudy PIN AN SSSR; Iss. 4). (In Russian).

Site www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/ (date: 27.02.2018).

Sungatullin R.Kh., Mizens G.A., Sungatullina G.M., Gareev B.I., Batalin G.A., Sadriev F.F. Geochemical characteristics of the sections of Mechetlino and Dal'ny Tulkas, Lower Permian (Southern Urals) // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting – 2017 and Fourth All-Russian Conference «Upper Palaeozoic of Russia». Upper Palaeozoic Earth systems: high-precision biostratigraphy, geochronology and petroleum resources. Abstract volume / *D.K. Nurgaliev, V.V. Silantiev (Eds.)*. Kazan, Sept., 19–23, 2017. Kazan: Kazan University Press, 2017. P. 195–196 (In Russian).

Сведения об авторах:

Акбашев Альфред Рашитович, канд. мед. наук, директор Акционерного общества «Санаторий Янган-Тау», с. Янгантау. E-mail: yantau@mail.ru

Абдрашитов Ринат Хатмуллович, директор Центра науки, образования и туризма (ЦНОТ) Геопарк «Янган-Тау» с. Янгантау. E-mail: yantau@mail.ru

Ардисламов Фаниз Ринатович, канд. геол.-мин. наук, научный консультант Центра науки, образования и туризма (ЦНОТ), Геопарк «Янган-Тау», с. Янгантау. E-mail: Ardislamov_Faniz@mail.ru

Белан Лариса Николаевна, д-р геол.-мин. наук, директор, Государственное унитарное предприятие Научно-исследовательский институт безопасности жизнедеятельности Республики Башкортостан (ГУП НИИ БЖД РБ), г. Уфа. E-mail: belan77767@mail.ru

Богдан Екатерина Александровна, канд. экон. наук, заведующая лабораторией особо охраняемых природных территорий и биологических ресурсов, Государственное унитарное предприятие Научно-исследовательский институт безопасности жизнедеятельности Республики Башкортостан (ГУП НИИ БЖД РБ), г. Уфа. E-mail: eavolkova@bk.ru

Полежанкина Полина Геннадьевна, канд. биол. наук, педагог дополнительного образования, МБОУ ДО «Центр творчества Содружество» и МБОУ ДО «Детский эколого-биологический центр Росток» ГО, г. Уфа. E-mail: Polina.muzei@mail.ru

Фархутдинов Исхак Мансурович, канд. геол.-мин. наук, и.о. заведующего кафедрой геологии и полезных ископаемых, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Башкирский государственный университет, г. Уфа. E-mail: iskhakgeo@gmail.com

Фархутдинов Анвар Мансурович, канд. геол.-мин. наук, старший преподаватель кафедры геологии и полезных ископаемых, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Башкирский государственный университет, г. Уфа. E-mail: anvarfarh@mail.ru

About the autors:

Akbashev Alfred Rashitovich, Candidate of medical sciences, director of the Joint-stock company "Sanatorium Yangan-Tau", Yangantau. E-mail: yantau@ mail.ru

Abdrashitov Rinat Khatmullovich, director of the Center for Science, Education and Tourism (CSET) "Geopark" Yangan-tau ", Yangantau. E-mail: yantau @ mail.ru

Ardislamov Faniz Rinatovich, Candidate of geological and mineralogical sciences, scientific adviser of the Center for Science, Education and Tourism (CSET) "Yangan-Tau Geopark" Yangantau. E-mail: Ardislamov_Faniz@mail.ru

Belan Larisa Nikolaevna, Doctor of geological and mineralogical sciences, diretor of the State Unitary Enterprise Research Institute for Safety of Life of the Republic of Bashkortostan (SUE RISLA RB), Ufa. E-mail: belan77767@mail.ru

Bogdan Ekaterina Aleksandrovna, Candidate of economic sciences. head of the Laboratory of specially protected natural territories and biological resources of the SUE RISLA RB, Ufa. E-mail: eavolkova@bk.ru

Polezhankina Polina Gennad'evna, Candidate of biological sciences. teacher of additional education of MBEE OF AE "Center of Creativity" Commonwealth" UD, Ufa. E-mail: Polina.muzei@mail.ru

Farhutdinov Ishak Mansurovich, Candidate of geological and mineralogical sciences, acting head of the department of geology and mineral resources of the Bashkir State University, Ufa. E-mail: iskhakgeo@gmail.com

Farhutdinov Anvar Mansurovich, Candidate of geological and mineralogical sciences, senior lecturer of the department of geology and mineral resources of the Bashkir State University, Ufa. E-mail: anvarfarh@mail.ru

УДК 551.4(470.57) http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-2

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЮРЮЗАНО-АЙСКОЙ РАВНИНЫ (ЮЖНОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ)

© 2018 г. Г. Т.-Г. Турикешев, Г. А. Данукалова

Реферат. Юрюзано-Айская равнина расположена на северо-востоке Южного Предуралья. Современный рельеф равнины сформировался в плиоцен-четвертичное время под влиянием новейших тектонических движений и денудационно-аккумулятивных процессов. Равнина имеет сложный холмисто-увалистый и грядово-волнистый тип рельефа с абсолютными отметками от 182 до 500 м. В пределах Юрюзано-Айской равнины выделяются три поверхности выравнивания, приуроченные к гипсометрическим уровням 420–538 м, 300–400 м, 250–280 м. Основными крупными реками на территории равнины являются реки Юрюзань и Ай, принадлежащие Камско-Бельскому бассейну. Территория расположена в лесостепной природной зоне. Особенности геологического строения территории привели к формированию специфических форм рельефа и разнообразию ландшафтов, поэтому на территории равнины организованы государственные природные заказники и существуют памятники природы.
Ключевые слова: Южное Предуралье, геоморфология, ландшафты

GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE YURYUZAN-AI PLAIN (SOUTHERN FORE-URALS)

G. Turikeshev, G. Danukalova

Abstract. The Yuryuzan-Ai plain is located in the northeast of the Southern Fore-Urals. The modern relief of the plain was formed during the Pliocene-Quaternary period under the influence of the newest tectonic movements and denudation-accumulative processes. The plain has a complex hilly-rugged and ridge-wavy relief type with absolute marks from 182 to 500 m. Three surfaces of flattening are distinguished within the Yuryuzan-Ai plain, confined to hypsometric levels of 420–538 m, 300–400 m, 250–280 m. The main large rivers on the territory of the plain are the rivers Yuryuzan and Ai, belonging to the Kama-Belaya basin. The territory is located in the forest-steppe natural zone. The peculiarities of the geological structure of the territory led to the formation of specific forms of relief and a variety of landscapes, therefore, state nature reserves and nature monuments are decreed on the territory of the plain.
Key words: Southern Fore-Urals, geomorphology, landscapes

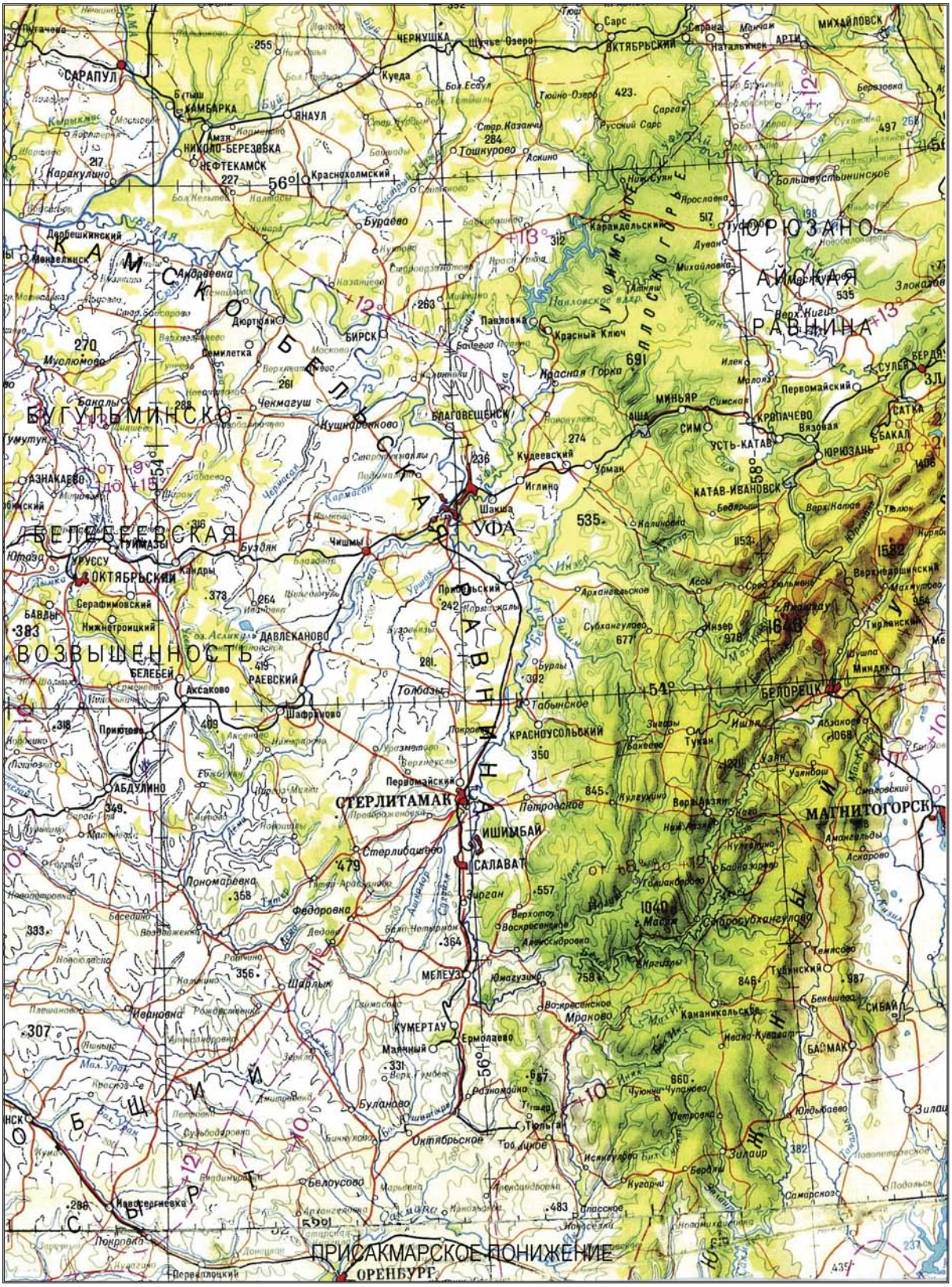
Введение

На крайнем северо-востоке Южного Предуралья расположено Юрюзано-Айское понижение, представляющее собой всхолмленную равнину (рис. 1), которая на западе граничит по восточному обрывистому склону с Уфимским плоскогорьем, на юге ограничена хребтами Башташ и Каратау, на востоке ее обрамляют горы Уфимского амфитеатра, а на севере условно граница совпадает с границей Республики Башкортостан [Атлас..., 2005; Турикешев и др., 2015].

Юрюзано-Айское понижение в структурном отношении занимает южную часть Юрюзано-Сылвинской депрессии Предуральского краевого прогиба [Пучков, 2010]. Территория сложена в основном породами пермской системы — в западной части распространены образования кунгурского, в восточной — отложения ассельского–артинского ярусов, передовые хребты Урала образованы терригенно-карбонатными породами каменноугольной системы. Четвертичные рыхлые образования чехлом перекрывают породы палеозоя.

Основные особенности рельефа территории

Юрюзано-Айская равнина плавно понижается с юга на север, ее ширина увеличивается в северном направлении, а наиболее узкая часть расположена на юге на границе с Каратауским комплексом. Равнина имеет сложный холмисто-увалистый и грядово-волнистый рельеф (рис. 2);


САРАПУЛ
ЧЕРНУШКА
ОКТЯБРЬСКИЙ
МИХАЙЛОВСК
КАМБАРКА
ЯНАУЛ
НИКОЛО-БЕРЕЗОВКА
НЕФТЕКАМСК
Краснохолмский
Каракулино
Куеда
Тошкурово
Бураево
Караидельский
ЮРЮЗАНСКАЯ
РАВНИНА
Большеустьинское
Дюртюли
БИРСК
Павловка
Красный Ключ
Красная Горка
Семилетка
Чекмагуш
БУГУЛЬМИНСКО-
БЕЛЕБЕЕВСКАЯ
ВОЗВЫШЕННОСТЬ
Благовещенск
Кушнаренково
Кудеевский
Иглино
Шакша
УФА
Чишмы
Буздяк
Кандры
Серафимовский
Нижнетроицкий
ДАВЛЕКАНОВО
Аксаково
Раевский
Шафраново
Приютово
АБДУЛИНО
Толбазы
Табынское
КРАСНОУСОЛЬСКИЙ
Первомайский
СТЕРЛИТАМАК
ИШИМБАЙ
САЛАВАТ
Стерлибашево
Пономаревка
Федоровка
Шаран
МЕЛЕУЗ
Шарлык
Иванновка
КУМЕРТАУ
Ермолаево
Буланово
Октябрьское
Белоусово
Ивановка
Покровка
ПРИСАКМАРСКОЕ ПОНИЖЕНИЕ
ОРЕНБУРГ
Перевалочный
Минняр
Аша
Сим
Усть-Катав
Юрюзань
Катав-Ивановск
Бакал
Сатка
Белорецк
МАГНИТОГОРСК
Бакалы
Муслюмово
Азнакаево
Бавлы
Юмутазы
Уруссу
Бакеево
Тукан
Ишмурат
Кананикольское
Мраково
Сибай
Басмак
Зилаир
Бердяш
Кугарчи
Самарское
Первомайский
Кропачево
Вязовая
Верхнеуральский
Тирлянский
Минзелинск
Дербешкинский
Андреевка
Ишимбаевский
Ишмурат
Ишкино
Бурзян
Верхотор
Воскресенское
Аннасадровка
Юмагузино
Кумертау
Ермолаево
Малый
Разномойка
Тюльган
Тро-Дикое
Исянгулово
Кугарчи
Бирсан
Верхнеуральский
Тюйсуган
Ишмурат
Ишкино
Бурзян
Верхнеуральский
Тирлянский
Минзелинск
Дербешкинский
Андреевка
Ишимбаевский

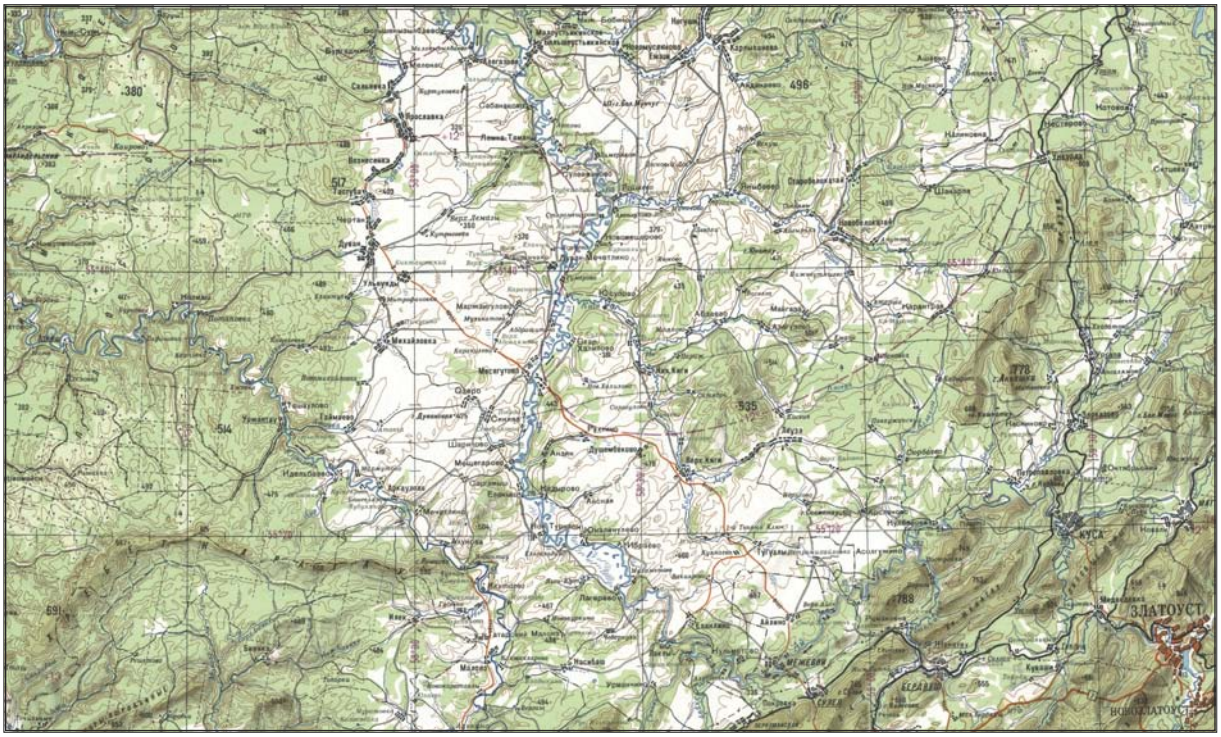


Рис. 2. Юрюзано-Айская равнина на карте

Fig. 2. The Yuryuzan-Ai plain on a map

ее абсолютные отметки колеблются от 182 м до 590 м, средние составляют 300–350 м.

Вдоль обрывистого восточного борта Уфимского плоскогорья, на юге и юго-востоке, где в пределы равнины вклиниваются отдельные поднятия Каратауского комплекса и Уфимского амфитеатра, известны отдельные локальные поднятия, которые называют «горами», они имеют вид усеченного, сжатого конуса с высотами от 405 до 590 м.

На юге равнина имеет довольно сложный рельеф, представленный системой увалов, гряд, простирающихся с юго-запада на северо-восток, имеющих асимметричные склоны и плоские вершинные поверхности. Крутые склоны изрезаны временными и постоянными водотоками. Над плоскими вершинными поверхностями возвышаются отдельные останцы, сложенные более плотными, устойчивыми к процессам денудации пермскими породами.

Гидрография

Основными крупными реками на территории равнины являются реки Юрюзань и Ай, принадлежащие Камско-Бельскому бассейну. Русло реки Ай с юго-востока заходит в пределы равнины, затем поворачивает почти на 90° и уходит на север, разделяя равнину на две почти равные части. Река Юрюзань заходит в пределы характеризуемой территории на крайнем юго-западе, затем на коротком участке пересекает равнину с юго-востока на северо-запад и уходит на территорию Уфимского плоскогорья.

Река Юрюзань (левый приток р. Уфа) начинается из болота у подножия хр. Машак. Она пересекает хребты Урала, южную часть Юрюзано-Айской равнины и восточную часть Уфимского плоскогорья (рис. 3, 4) [Гареев, 2002; Турикешев и др., 2015]. Длина реки 404 км, площадь водосборного бассейна 7240 м^2, среднегодовой расход воды 62,2 м^3/сек, скорость течения 0,8 м/сек. Льдом река покрывается со второй половины ноября по апрель. Ледоход начинается 15–18 апреля и длится 3–6 дней. Половодье длится 60–65 дней, когда вода поднимается от 3 до 5 м. Осенний подъем воды не превышает 3 м. Питание реки снеговое, дождевое и подземными водами. Средний уклон реки 0,8–1,2 м на 1 км, скорость течения 0,8 м/сек, глубина реки на плесах достигает 3 м. Дно реки каменистое, местами песчаное. В пределах Юрюзано-Айской равнины долина реки широкая с поймами и террасами, на Уфимском плоскогорье она

Рис. 3. Долина р. Юрюзань в окрестностях села Ново-Картавлы. *Фото А.И. Сидорчука*
Fig. 3. The Yuryuzan River valley in the Novo-Kartavly village surroundings. *Photo by A. Sidorchuk*

Рис. 4. Долина р. Юрюзань в окрестностях д. Ахуново. *Фото Г.А. Данукаловой, 1996 г.*
Fig. 4. The Yuryuzan River valley in the Akhunovo village surroundings. *Photo by G. Danukalova, 1996*

узкая и каньонообразная. В устьевой зоне долина реки подтоплена водами Павловского водохранилища.

Река Ай является крупным притоком р. Уфы [Гареев, 2002; Турикешев и др., 2015]. Она начинается в болоте между хребтами Аваляк и Ягодный. Река пересекает горные хребты и Юрюзано-Айскую равнину, часть Уфимского плоскогорья и впадает в р. Уфа. Длина реки 549 км, площадь водосборного бассейна 15 000 км, среднегодовой расход воды 62,2 м^3/сек, скорость течения 0,8 м/сек. Ледостав, ледовый режим, весенний и осенний паводки аналогичны этим явлениям на р. Юрюзань. Подъем воды во время весеннего половодья составляет 3–5 м, но зафиксированы годы, когда уровень воды в реке поднимался выше 7 м. Осенний подъем воды редко превышает 3 м. Ширина русла 80–150 м, глубина на плесах 1–2 м. Дно реки песчаное и каменистое. На Юрюзано-Айской равнине ширина речной долины местами превышает 5 км. Берега реки обрывистые их высота составляет 2–4 м. В пределах равнины отмечены следы блуждания речного русла. В пределах плоскогорья долина р. Ай почти не отличается от долины р. Юрюзань. Крупным правым притоком является р. Большой Ик (рис. 5).

Ландшафты

Территория расположена в лесостепной природной зоне (рис. 6). Ландшафты представлены темнохвойно-широколиственными и березовыми лесами, болотами, остепненными лугами на серых и темно-серых лесных, дерново-карбонатных, дерново-подзолистых, лугово-черноземных почвах [Атлас..., 2005]. На равнине господствует тип сибирской лесостепи. Леса представлены разбросанными по всей площади небольшими массивами, где преобладают березы, сосны и дубы (рис. 7). По рекам Ай и Юрюзань встречается горная лесостепь. Большая часть лесостепной зоны распахана и доминирующими стали пашни на оподзоленных черноземах. На непригодных для пашни участках сохранились луговые степи, остепненные и низменные луга (рис. 8).

Эрозионно-денудационный рельеф

Река Юрюзань огибает хребет Каратау. На правобережье этой реки в пределах описываемой равнины восточная окраина хребта Каратау представляет собой увалообразное поднятие, простирающееся в северо-восточном направлении. На плоской

Рис. 5. Река Большой Ик около с. Новобелокатай. *Фото Г.А. Данукаловой, 1996 г.*
Fig. 5. The Ik River in the Novobelokatai village surroundings. *Photo by G. Danukalova, 1996*

Рис. 6. Лесостепные ландшафты Юрюзано-Айской равнины. *Фото Г.А. Данукаловой, 1996 г.*
Fig. 6. Forest-steppe landscapes of the Yuryuzan-Ai plain. *Photo by G. Danukalova, 1996*

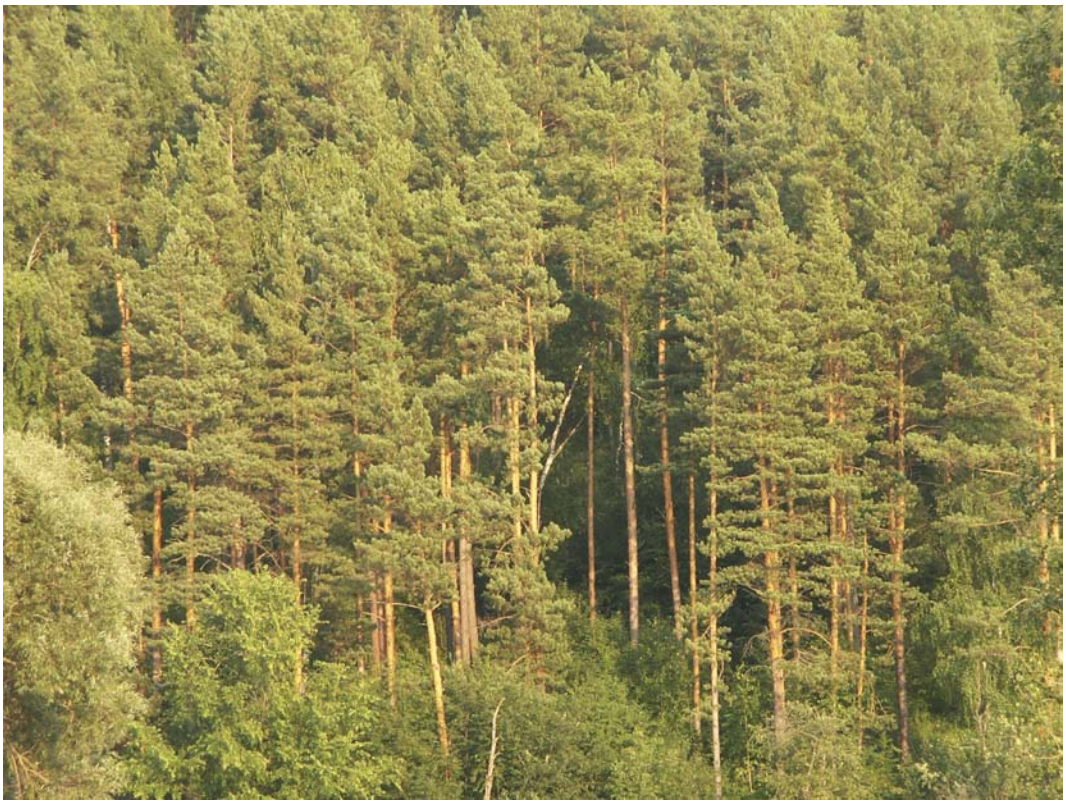


Рис. 7. Сосновый лес на правобережье р. Юрюзань в окрестностях д. Ново-Картавлы. *Фото Г.А. Данукаловой, 2008 г.*
Fig. 7. A pine forest on the right bank of the Yuryuzan River in the Novo-Kartavly village surroundings. *Photo by G. Danukalova, 2008*

поверхности увала выступают две округленные вершины — горы Бальзяк (506 м) и Толок (449 м). На северо-востоке этот увал подходит к р. Ай и образует довольно высокий западный склон ее долины. Вершиной склона является г. Толок, она поднята над уровнем реки более чем на 200 м. На запад и северо-запад идет плавное понижение увала. Территория между восточным бортом Уфимского плоскогорья и долиной р. Ай наиболее выровнена и имеет ступенчатый рельеф. Несколько западнее описанного увала — отрога хребта Каратау — поднимается «Айский уступ».

Айский уступ является наиболее крупной формой денудационного рельефа. Эта гряда протягивается в север-северо-восточном направлении параллельно руслу р. Ай. Она асимметрична, ее восточный склон круто обрывается к реке (высота уступа составляет 50–100 м), а западный склон полого понижается и сливается с западной частью равнины. Около д. Сабанаково гряда переходит на правобережье р. Ай. Восточный склон гряды сильно изрезан постоянными и временными водотоками, вершинная поверхность осложнена локальными поднятиями — «горами». Наиболее крупные из них: Дуванская (425 м), Енентау (422 м), Ичкультау (383 м), Састуба (399 м) и другие.

Территория, расположенная между грядой и Уфимским плоскогорьем, представляет собой волнистую равнину, осложненную локальными поднятиями и понижениями. На западе у подножия Уфимского плоскогорья наблюдается ряд мелких, блюдцеобразных понижений, разделенных невысокими водоразделами. Часто понижения соединены между собой узкими долинами или логами. По своей морфологии они напоминают озерные котловины. В 1935–1942 гг. в этих котловинах были болота, о чем свидетельствуют топографические карты тех времен. В настоящее время болота осушены. По котловинам протекают реки Кошелевка, Атавка, Шишма, Мелекас и другие.

От Уфимского плоскогорья в восточном направлении отходят куполовидные поднятия с плоскими вершинами, сложенные плотными нижнепермскими известняками. В некоторых случаях такие поднятия полностью отделены от плоскогорья и представляют собой горы-одиночки. Поднятия являются пермскими рифовыми массивами;

Рис. 8. Ландшафт поймы р. Юрюзань. *Фото Г.А. Данукаловой, 2008 г.*
Fig. 8. A Yuryuzan River floodplain landscape. *Photo by G. Danukalova, 2008*

наиболее крупные из этих гор — Большая Тастуба (403 м), Малая Тастуба (321 м), Борисова (386 м), Бикташ (361 м), Атавка (410 м).

Волнистая равнина левобережья довольно густо изрезана речными долинами — притоками р. Ай. Истоки левых притоков этой реки располагаются значительно ниже вершинной поверхности Айского уступа. Они прорезают его до основания и образуют V-образные, узкие долины. Такое явление можно объяснить тем, что заложение речных долин имело место значительно раньше, чем произошло поднятие описанной гряды.

Правобережье имеет более сложный рельеф, который представлен линейно вытянутыми асимметричными грядами, простирающимися на десятки километров: Месягутовская, Душембековская, Кигинская, Леузинская и другие. Гряды круто обрываются на западе и плавно сливаются с Уфимским амфитеатром на востоке. Они разделены широкими долиноподобными понижениями (рис. 9). По центральным частям этих понижений текут правые притоки р. Ай. Наиболее крупными притоками р. Ай являются реки Киги с притоками, Леуза и Ик, реки Большой и Малый Ик. Почти все правобережные притоки р. Ай имеют широтное направление течений. Исключение составляет только река Киги, которая в нижнем течении становится субширотной и совместно со своим притоком р. Ик образует долину, ориентированную с востока на запад.

Реки Киги, Леуза, Большой Ик и Малый Ик делят правобережье на почти одинаковые по ширине водораздельные поверхности. Притоки этих рек расчленяют широкие водоразделы на более узкие гряды. При этом отмечается «разворачивание» гряд в северном направлении. На юге правобережной части Юрюзано-Айской равнины осевая линия гряд имеет северо-восточное направление под азимутом 50–60°; в центральной части этой равнины гряды ориентированы под азимутом 30–45°; на севере гряды вытянуты на север-северо-восток и азимуты направления составляют 5–15°.

Гряды осложнены локальными поднятиями. Наиболее высокие из них размещены на водоразделе рек Леуза и Ик. На этой площади расположена цепочка поднятий конусовидной, слегка сплющенной формы с плоскими или не очень закругленными вершинами. Наиболее крупные и высокие из них — это «горы» Игенчелтау (407 м), Актау (509 м), Караултау (514 м). На правобережье размещены

Рис. 9. Грядовый рельеф и долинообразное понижение, занятое р. Тарша в окрестностях д. Атарша.
Фото Г.А. Данукаловой, 1996 г.

Fig. 9. Ridge relief and valley-like depression, occupied by the Tarsha River in the Atarsha village surroundings.
Photo by G. Danukalova, 1996

и другие локальные поднятия, «горы-одиночки»: Юкатау (471 м), Устутау (379 м), Большой Мунчуг (417 м), Запашка (252 м). Высота «гор» понижается в северном направлении. Н.В. Вербицкая [1974] считает, что большинство таких «гор» являются рифовыми массивами.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф

Реки территории текут по хорошо выработанным долинам.

Долина р. Ай. Ширина долины р. Ай от 2 до 4,5 км, в ней присутствуют низкая и высокая поймы и надпойменные террасы.

Четвертая надпойменная терраса. При пересечении Айского уступа ширина долины р. Ай уменьшается до 0,4–1,5 км. По данным А.П. Рождественского [1971], в долине р. Ай присутствуют редкие фрагменты четвертой надпойменной террасы вблизи деревень Большое и Малое Кызылбаево, Алегазово, Каранаево и Семериковка. Терраса имеет эрозионное происхождение и выработана в коренных породах на склонах речной долины, а над уровнем р. Ай поднята на 25–30 м. Фрагменты четвертой надпойменной террасы иногда перекрыты маломощным суглинистым чехлом с включением гальки и щебня. Около д. Большое Кызылбаево четвертая надпойменная терраса сохранилась на левобережье. Она представляет слабо волнистую поверхность на небольшой площади с участками, перекрытыми россыпью мелкой гальки. Образовалась эта терраса в раннем неоплейстоцене.

Третья надпойменная терраса сохранилась в виде небольших фрагментов в районе населенных пунктов Якушево, Старомещерово, Абдрахимово. Слабо наклоненные в сторону речного русла выровненные площадки террасы расположены на высоте 20 м от уровня реки. Эта терраса имеет эрозионно-аккумулятивное происхождение, на отдельных участках — эрозионное (д. Турнали). Терраса сформировалась в среднем плейстоцене.

Вторая надпойменная терраса эрозионная.

Первая надпойменная терраса хорошо прослеживается в долине р. Ай. Она представляет собой широкие площадки, где размещена большая часть населенных пунктов. В южной части речной долины представлен цокольный тип террасы, в центре и на севере она аккумулятивная. Терраса сформирована в позднем неоплейстоцене.

Высокая и низкая поймы прослеживаются практически на всем протяжении меридионального отрезка речной долины, с небольшими разрывами и образуют по берегам реки различные по ширине площадки. Низкая пойма поднята над речным руслом до 1,5 м. Высокая пойма имеет высоту до 3 м (низкий уровень) до 3,5–5,5 м (высокий уровень).

Долина р. Юрюзань широкая, хорошо выработанная, асимметричная, в ней также существуют низкая и высокая поймы и надпойменные террасы.

Четвертая надпойменная терраса (ранний неоплейстоцен) в долине р. Юрюзань практически уничтожена экзогенными процессами.

Третья надпойменная терраса эрозионная, местами имеет цокольное строение. В рельефе сохранились лишь ее отдельные участки в виде небольших площадок; отделяющие их уступы выработаны в коренных породах пермского возраста на склонах речной долины. Третья надпойменная терраса сформировалась в среднем неоплейстоцене.

Вторая надпойменная терраса в долине р. Юрюзань в пределах характеризуемой равнины имеет эрозионное происхождение.

Первая надпойменная терраса и поймы р. Юрюзань имеют такое же строение и возраст, что и на р. Ай.

Долины левых и правых притоков р. Ай значительно различаются. Левые притоки маловодны и текут по узким, глубоко врезанным долинам, имеющим крутые, обрывистые склоны и сложенным карбонатными породами; правые притоки более многоводны и характеризуются широкими и извилистыми долинами. Все притоки имеют две поймы и две надпойменные террасы. В верховьях террасы эрозионные или эрозионно-аккумулятивные, в низовьях — аккумулятивные или эрозионно-аккумулятивные. Их возраст поздний неоплейстоцен – голоцен.

Водораздельные поверхности

Водоразделы представляют собой многоуровневые поверхности с денудационно-останцовыми формами. Ярусность выражена наличием нескольких выровненных поверхностей, расположенных одна над другой и отделенных друг от друга склонами. Они различаются между собой гипсометрическим положением, геологическим строением и возрастом. А.П. Рождественский [1971] в пределах Юрюзано-Айской равнины выделяет 3 поверхности выравнивания, приуроченные к гипсометрическим уровням 420–538 м, 300–400 м, 250–280 м.

Наиболее высокая уровневая поверхность, по его мнению, сформировалась в мезозое – палеогене. По морфологии, степени расчлененности, возрасту выходящих на дневную поверхность горных пород указанные поверхности являются денудационными формами рельефа. Такой рельеф сформировался на плоских вершинах гряд и представляет собой плоские или слегка выпуклые, ровные поверхности шириной от 0,5 до 2 км. Их местами осложняют денудационные останцы высотой 30–50 м из плотных пермских пород. В основном реликты этой поверхности выравнивания приурочены к южной и восточной частям Юрюзано-Айского понижения, где они соединяются со склонами Уральских гор. Далее на запад к долине р. Ай рельеф плавно понижается и эти поверхности опускаются до уровня 350–380 м. Склоны между высокой и средней поверхностями выравнивания обладают различной крутизной и местами ступенчатые, что объясняется избирательной денудацией. Углы наклона склонов колеблются от 5° до 30°. На западе между долиной р. Ай и Уфимским плоскогорьем эти поверхности выравнивания выделить сложно, вероятно, они приурочены к вершинной поверхности «Айского уступа» и локальным участкам близи Уфимского плоскогорья.

Вторая вершинная поверхность (300–400 м) сформировалась в миоцене. На правобережье она занимает большую часть территории, приближенную к долине р. Ай, а на левобережье — пространство между «Айским уступом» и Уфимским плоскогорьем, где располагаются широкие гряды с плоскими вершинами и пологими склонами, угол наклона которых не превышает 10–12°. Плоскую или несколько выпуклую поверхность осложняют невысокие холмы. Ширина поверхности местами превышает 5 км, на ней преобладает грядово-волнистый денудационный и эрозионно-аккумулятивный рельеф. Площади миоценовых поверхностей увеличиваются в северном направлении.

Нижняя аккумулятивная или аккумулятивно-денудационная поверхность выравнивания развита фрагментарно в средних и нижних течениях рек. Она сформировалась в позднем плиоцене – раннем квартере. Малые реки в своих долинах большей частью имеют аккумулятивно-денудационные формы рельефа и только в их нижних течениях формируются аккумулятивные поверхности. На правобережье р. Ай наблюдаются небольшие по площади выровненные реликты аккумулятивной равнины, переработанные процессами денудации, возникшие в позднеплиоценовое время. С середины олигоцена до миоцена Южное Предуралье находилось в состоянии тектонического покоя, которое оживлялось только поднятием или опусканием отдельных участков. Происходило общее выравнивание рельефа и заполнение продуктами разрушения более низких участков местности.

Заключение

Современный рельеф Юрюзано-Айской равнины сформировался в плиоцен-четвертичное время под влиянием новейших тектонических движений и денудационно-аккумулятивных процессов.

Особенности геологического строения территории привели к формированию специфических форм рельефа и разнообразию ландшафтов, поэтому на территории Юрюзано-Айской равнины организованы государственные природные заказники («Белокатайский», «Карлыхановский», пойма р. Ай у с. Кульметово) и существуют геологические (Гора Янгантау, Лаклинская пещера, Каменные ворота на р. Ай близ д. Лаклы, геологический разрез «Мечетлино»), гидрологические (Куселяровские сернистые источники, источник Кургазак), ботанические (Аркауловское болото, заросли степной вишни у д. Ариево, Сосновое озеро, гора Кызлар-Тау) и комплексные (комплекс карстовых болот у с. Улькунды, пещеры в скале Сабакай, гора Большая Тастуба, гора Гладкая, Абдуллинская гора, болота: Озерское, Каракулевское, Черношарское, Аркауловское, Лагеревское) памятники природы.

Работа выполнена в рамках государственных бюджетных тем № 0252-2014-0006, № 0252-2016-0006 (лабораторные исследования) и частично в рамках государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Авторы благодарят коллег А.П. Черникова и К.Н. Данукалова за помощь при проведении экспедиционных исследований.

Литература:

Атлас Республики Башкортостан. – Уфа: Омская картографическая фабрика, 2005. – 419 с.

Вербицкая Н.П. Геоморфология Южного Урала и Мугоджар. – М.: Недра, 1974. – 84 с. (Труды ВСЕГЕИ; Нов. Сер., Т. 217).

Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. – Уфа: Китап, 2002. – 260 с.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

Рождественский А.П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. М.: Наука. – 1971. – 303 с.

Турикешев Г.Т.-Г., Данукалова Г.А., Кутушев Ш.И.Б. Южное Предуралье: география, геология, тектоника и геоморфология. – М.: Изд-во «Инфра-М», 2015. – 227 с.

References:

Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: FGUP Omsk Cartographic Factory Press, 2005. 419 p. (in Russian).

Gareyev A.M. Reki i ozera Bashkortostana [Rivers and lakes of Bashkortostan]. Ufa: Kitap Press, 2002. 260 p. (in Russian).

Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nyye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and the Fore-Urals (actual issues of stratigraphy, techtonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DizaynPoligrafServis Press, 2010. 280 p. (in Russian).

Rozhdestvenskiy A.P. Noveyshaya tektonika i razvitiye rel'yefa Yuzhnogo Priural'ya [he newest tectonics and the development of the relief of the Southern Fore-Urals]. Moscow: Nauka Press. 1971. 303 p. (in Russian).

Turikeshev G.T.-G., Danukalova G.A., Kutushev Sh.I.B. Yuzhnoye Predural'ye: geografiya, geologiya, tektonika i geomorfologiya [Southern Fore-Urals: geography, geology, tectonics and geomorphology]. Moscow: «Infra-M» Press, 2015. 227 p. (in Russian).

Verbitskaya N.P. Geomorfologiya Yuzhnogo Urala i Mugodzhar [Geomorphology of the Southern Urals and Mugodzhar]. Moscow: Nedra Press, 1974. 84 s. (Proceedings of VSEGEI; New Series, V. 217) (in Russian).

Сведения об авторах:

Турикешев Геннадий Тюмен-Галиевич, канд. географ. наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы»), г. Уфа

Данукалова Гузель Анваровна, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (ФГАОУ ВО КФУ), г. Казань. E-mail: danukalova@ufaras.ru

About the autors:

Turikeshev Gennadyi, candidate of geographical sciences, Federal State educational institution of the High professional education "Bashkir State Pedagogical University named by M. Akmulla". Ufa, Russia

Danukalova Guzel, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. Kazan Federal University (KFU), Kazan. E-mail: danukalova@ufaras.ru

УДК 550.836+470.55 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-3

ГАЗОГИДРО-ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ГОРЫ ЯНГАНТАУ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2018 г. В. Н. Пучков, Р. Ф. Абдрахманов, А. Ю. Кисин, С. Н. Шанина

Реферат. На основе обширного архивного материала и новой геологической информации обсуждается природа газо-геотермальных явлений горы Янгантау (Башкирия), на которой располагается известный курорт. Несмотря на длительную историю изучения, феномен Янгантау все еще является предметом дискуссии. Помимо наиболее популярной гипотезы подземного горения высказывались предположения о том, что это результат разогрева при шарьировании, проявление окисления сульфидов, следствие внедрения молодой интрузии и даже реакции радиоактивного распада. Впервые обнаруженные здесь «черные блоки» (участки, обогащенные сажистым веществом) позволили провести аналогию между горой Янгантау и горящими угольными терриконами, а особенности состава термальных газов и их вариации — однозначно поддержать гипотезу горения углеводородов в качестве причины их выделения. Изучение находки самородного чугуна, найденного при строительных работах на курорте «Янган-Тау», позволило подкрепить этот вывод и получить дополнительные сведения о температурах и составе термальных газов на начальной стадии горения. Хроматография чугуна и стекла с его поверхности в интервале температур 600–1000°С показала в составе выделившихся газов высокие содержания монооксида углерода. Сделан вывод, что на горе Янгантау имел место природный доменный процесс. Очаг горения расположен в осадочных отложениях на небольшой глубине. Рудой послужили, вероятно, поверхностные скопления бурого железняка. Предложена модель процесса в очаге как многофазной системы, в которой взаимодействуют горные породы, метеорные осадки, воздух, проникающий по трещинам, битумы, содержащиеся в янгантауской свите и (предположительно) газообразные углеводороды. В настоящее время температура очага быстро снижается, что ставит перед администрацией курорта непростые вопросы о путях его дальнейшего развития.

Ключевые слова: углеводороды, подземное горение, геотермальные явления, черные блоки, природный доменный процесс, многофазная система

GASHYDRO-GEOTHERMAL PHENOMENA OF YANGANTAU MOUNTAIN (SOUTHERN URALS)

V. N. Puchkov, R. F. Abdrakhmanov, A. Yu. Kissin, S. N. Shanina

Abstract. Based on a wide archive material and new geological information, a problem of nature of gashydro-geothermal nature of phenomena of Yangantau Mountain (Bashkiria), a place of a famous resort, is revisited. Notwithstanding a long history of study, the phenomenon of Yangantau is still a topic of a discussion. Apart of the most popular hypothesis of an underground fire, assumptions that it is a result of frictional heating at a tectonic thrust, of sulfide burning, heat of a young igneous intrusion or even a result of a radioactive decay were suggested. The «black blocks», discovered here for the first time (places, enriched by a carbonaceous substance) permitted to find an analogy between the mountain and burning coal refuse heaps, and a specifics of compositions of geothermal gases and their variations – to support the hypothesis of burning of hydrocarbons as the reason of their discharge. The study of a find of a native cast iron, discovered during constructional works in the resort, permitted to support this conclusion and acquire additional information on a temperature and composition of thermal gases at an early stage of burning. Chromatography of the iron and glass from its surface in the temperature interval of 600–1000 °C have shown high concentrations of CO. A conclusion was made that it was a natural blast-furnace proces that was taking place in the Yangantau mountain. The center of burning is situated in the sedimentary rocks at a shallow depth. The ore was, probably, bog iron. A model was suggested for the burning as a multi-phase system where rocks, meteoric waters, air penetrating through fractures, bitumen contained by shales of Yangantau Formation and (probably) gaseous carbohydrates were present. At present time the temperature of burning is descending quickly, and this brings a problem before the administration of the resort how to plan its development in future.

Key words: hydrocarbons, underground burning, geothermal phenomena, black blocks, multiphase system

Введение

На территории горы Янгантау, расположенной у восточных отрогов невысокого горного хребта Каратау близ границы Башкортостана и Челябинской области (в Салаватском районе республики) находится знаменитый курорт, возникший благодаря наличию уникального природного геотермального явления — выходов из-под земли горячих газовых и газово-паровых струй. Курорт пользуется большой популярностью, планомерно развивается, ведется строительство новых корпусов [Хурамшин, 2007]. Однако, несмотря на более чем 200-летнюю историю, в изучении феномена Янгантау еще не поставлена точка и до сих пор высказываются разноречивые мнения по поводу его природы. Помимо наиболее популярной гипотезы подземного горения высказывались предположения о том, что это результат разогрева при шарьировании, проявление окисления сульфидов, следствие внедрения молодой интрузии и даже — радиоактивного распада. Такое положение не может не беспокоить: оно таит в себе определенную опасность, поскольку препятствует однозначному прогнозу продолжительности существования феномена в будущем, что в свою очередь ставит под вопрос перспективы капитального строительства и расширения курорта. Наши исследования, как мы надеемся, позволили сделать шаг к решению обозначенной проблемы. Первоначально результаты наших исследований по означенной проблеме были опубликованы в двух статьях [Пучков, Абдрахманов, 2003; Пучков и др., 2012]. В настоящее время мы пользуемся возможностью расширить эти публикации в рамках единой статьи, представив их в переработанном и дополненном виде, сделав необходимые уточнения и снабдив их цветными иллюстрациями.

Краткое геологическое описание

Геология территории описана в целом ряде работ [Дзенс-Литовский, 1935; Наливкин, 1939; Вахрушев и др., 1968; Нигматулин и др., 1998 и др.]. Здесь ее описание дается в кратком, обобщенном виде.

Территория геотермального месторождения Янгантау расположена над крутым 100-метровым уступом правого берега р. Юрюзань (рис. 1). Уступ этот представляет собой крутой склон долины реки; здесь располагается большая часть сооружений курортного комплекса, от которого к урезу воды спускается крутая железная лестница. В нижней части уступа обнажаются моноклинально залегающие с падением аз. 70–120°, ∠ 10–20° темные линзовидно-слоистые массивные и сланцеватые битуминозные мергели янгантауской свиты, мощностью до 260 м. Свита принадлежит бурцевскому горизонту артинского яруса нижней перми (рис. 2). Подстилается она конгломератами и песчаниками бальзякской свиты (стерлитамакский – бурцевский

Рис. 1. Высокая терраса правого берега р. Юрюзань, известная как гора Янгантау. Слева чуть видны крыши зданий курорта, справа — выходы красноватых «гореликов». *Фото здесь и далее (рис. 3–6, 15, 16, 18, 25, 26, 28) — В.Н. Пучкова*

Fig. 1. The high terrace of the right bank of Yuryzan river, known as Yangan-Tau mountain. On the left, roofs of the resort buildings are hardly seen. On the right, there are reddish outcrops of burnt rocks — «gorelics». *Photos here and then (figs. 3–6, 15, 16, 18, 25, 26, 28) — by V. Puchkov*

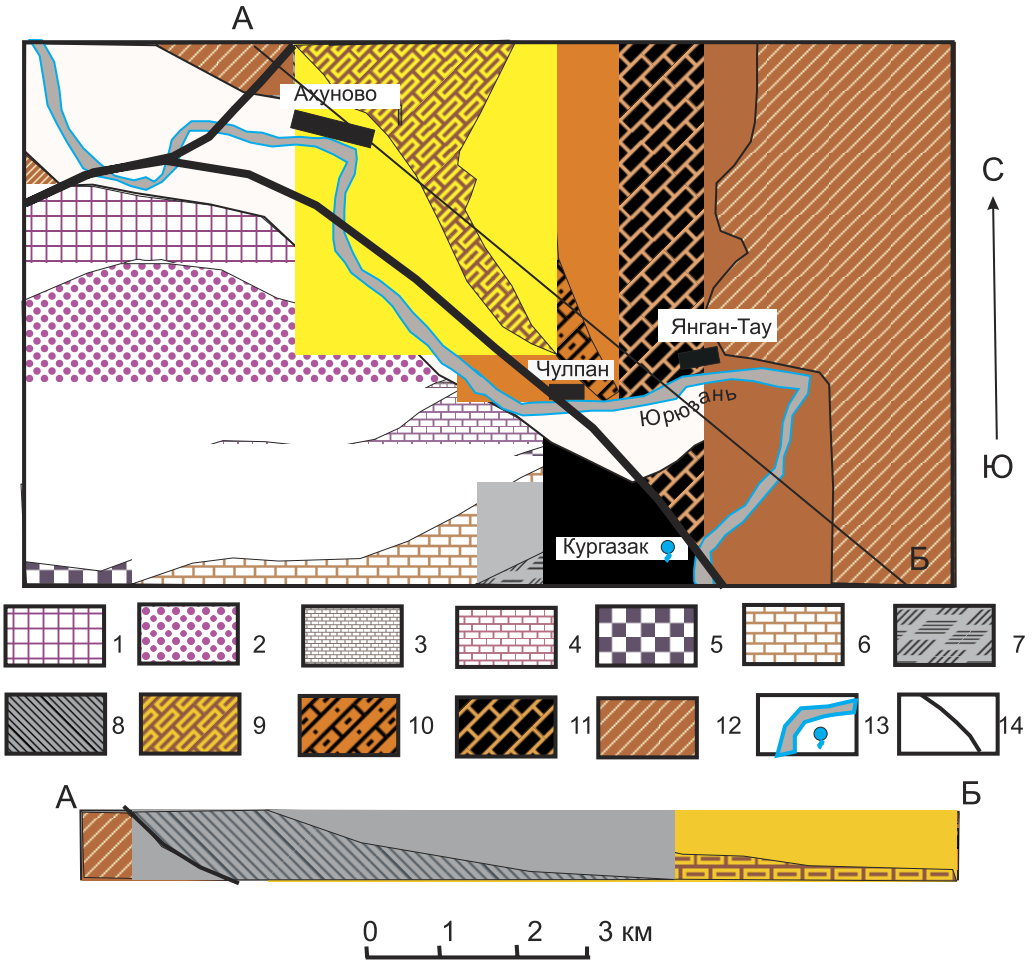


Рис. 2. Схематическая геологическая карта территории курорта «Янган-Тау» (по В.Д. Наливкину и Г.А. Дмитриеву, с изменениями)

Условные обозначения: 1–5 — докембрий: 1— зона дробления; 2 — верхний рифей, зильмердакская свита, песчаники, алевролиты, сланцы, и катавская свита, пестроцветные мергели; 3 — верхний рифей, инзерская свита: песчаники, алевролиты; 4 — миньярская свита — преимущественно известняки и доломиты; 5 — венд, ашинская серия, песчаники; 6 — девон, песчаники, известняки; 7 — нижний карбон, известняки; 8 — верхний карбон; глинистые сланцы и известняки; 9 — верхи карбона – низы перми, мергели и известняки; 10 — стерлитамакский горизонт сакмарского – низы артинского яруса нижней перми, песчаники, глинистые сланцы и известняки (бальзякская свита); 11 — артинский ярус, битуминозные сланцы янгантауской свиты; 12 — артинский ярус, тандакская свита: глинистые сланцы, мергели, песчаники, олистостромы; 13 — белое поле — рыхлые четвертичные отложения, русло р. Юрюзань — сине-серое; 14 — границы стратиграфических подразделений.

Fig. 2. Schematic geological map of the area of «Yangan–Tau» resort (after V.L. Nalivkin and G.A. Dmitriev, modified)

Legend: 1–5 — Precambrian: 1 — crushing zone; 2 — Upper Riphean? Zilmerdak Formation, sandstones, siltstones, shales, and Katav Formation, mostly variegated marls; 3 — Upper Riphean, Inzer Formation, sandstones and siltstones; 4 — Upper Riphean, Minyar Formation, mostly limestones and dolomites; 5 — Vendian Asha Series, sandstones; 6 — Devonian, sandstones and limestones; 7 — Lower Carboniferous, limestones; 8 — Upper Carboniferous, shales and limestones; 9 — Upper Carboniferous – Lower Permian, marls and limestones; 10 — Sterlitamak horizon of the Sakmara Stage – Lower Artinskian stage of the Lower Permian: sandstones, shales and limestones (Balzyak Formation); 11 — Artinskian Stage, bituminous shales and marls of Yangantau Formation; 12 — Artinskian Stage, Tandak Formation: shales, marls, sandstones, olistostrome; 13 — white field — loose Quaternary sediments; grey-and-blue — Yuryuzan riverbed; 14 — boundaries of stratigraphic units.

горизонты), перекрывается песчаниками, глинистыми сланцами и кремнистыми известняками тандакской свиты иргинского горизонта. Тандакская свита наблюдалась нами преимущественно в искусственных выработках на всей восточной части территории курорта. Нам удалось описать и сфотографировать котлован глубиной 7 м и радиусом 10–15 м, вырытый летом 2001 г. под строящуюся КНС (канализационно-насосную станцию) на восточном краю территории курорта. В котловане под пачкой сильно обохренных глинистых и алевритистых сланцев, мощностью 3 м, обнажается олистостромовая толща, которую ранее никто из геологов не описывал. Олистострома состоит из

тесно прижатых друг к другу блоков известняков, с закругленными краями, в слабо выраженном глинисто-алевритистом матриксе. Известняк стально-серый, почти неслоистый, тяжелый, плотный на свежем сколе; глинистый, доломитизированный. К поверхности глыб карбонат становится более рыхлым, выветрелым, и меняет цвет до желтого и красного, переходя в глину матрикса, часто без четко различимых границ с ним. Размер блоков — чаще первые десятки см, но есть глыба диаметром около 2 м (рис. 3). В глыбах на поперечном сколе наблюдается изогнутая слоистость, подчеркивающая их внутреннюю эллипсоидальную структуру, что вызвано скатыванием обломков вниз по подводному склону в неполностью литифицированном состоянии; в некоторых случаях такую глыбу можно назвать роллом, поскольку она, наподобие снежного кома, полностью окружена налипшей глиняной оболочкой (рис. 4).

Развитая в районе Янгантау моноклиналь, сложенная артинскими отложениями, является частью пологого крыла асимметричной Месягутовской антиклинали, ядро которой, сложенное более интенсивно дислоцированными верхнекаменноугольными известняками, глинистыми сланцами, мергелями и песчаниками, наблюдается в 4–5 км западнее, в районе сел Ахуново, Шарипово, Месягутово (см. рис. 2). Антиклиналь имеет северо-восточное простирание и осложнена надвигом, поверхность которого полого падает на юго-восток. Юго-западное продолжение антиклинали срезается в долине р. Юрюзань правосторонним сдвигом, сочлененным на западе с Каратауским надвигом. Эти разломы ограничивают с востока Каратауское поднятие, сложенное породами, имеющими возрастной диапазон от позднего рифея до карбона. Близость этого поднятия, вероятно, сказывается на структуре моноклинали Янгантау, что выражено в повышенной трещиноватости развитых здесь пород. Наиболее важным является наличие здесь открытых субмеридиональных и северо-северо-восточных близвертикальных трещин, по которым идет проникновение воздуха в толщу пород массива (рис. 5). Другой важнейшей особенностью структуры горного массива Янгантау является предполагаемое наличие трещин бортового отпора, проходящих по субширотному логу, расположенному к северу от территории курорта и изолирующих массив от водоносных горизонтов более северной территории. Наличием этих двух систем трещин объясняется дренированность, осушенность пород: постоянное поглощение жидкости, отмечавшееся при бурении скважин, и очень низкий уровень грунтовых вод, приближающийся к уровню поймы,

Рис. 3. Крупная глыба известняка — олистолит в олистостроме тандакской свиты
Fig. 3. Big boulder of limestone – an olistolith in the olistostrome of the Tandak Formation

где выходит серия родников (рис. 6). Эти условия осушенности и трещиноватости весьма благоприятствовали возникновению изучаемого феномена, тогда как излишняя обводненность породного массива могла бы препятствовать горению.

Термальная история объекта

П.С. Паллас [1989] (рис. 7), посетивший г. Янгантау в 1770 г. во главе академической экспедиции, писал, что подземный пожар возник незадолго

Рис. 4. Глыба — «ролл» в олистостроме
Fig. 4. A boulder of «roll» type — in the olistostrome

Рис. 5. Открытые трещины в массивных плитчатых битуминозных мергелях янгантауской свиты (слева — чл. корр. РАН В.Н. Пучков, справа — профессор Р.Ф. Абдрахманов)
Fig. 5. Open fractures in massive platy bituminous marls of Yangantau Formation (on the left — a corresponding member RAS V.N. Puchkov, on the right — professor R.F. Abdrakhmanov

Рис. 6. Один из многочисленных родников у меженного уреза воды р. Юрюзани
Fig. 6. One of numerous springs near mean water level of Yuruzan river

до его приезда. По словам живших там башкир, одиннадцать или двенадцать лет до того в большую сосну на вершине горы ударила молния, и пламя передалось горе. К этому свидетельству необходимо отнестись с полной серьезностью, поскольку речь идет не о легенде, а о событии, происшедшем на глазах живых свидетелей. Таким образом, с большой долей вероятности можно сказать, что процесс теплогенерации начался в 1760–1761 гг. и продолжается уже почти 260 лет. Вначале выделение тепла было очень интенсивным. Паллас писал, что из открытых трещин постоянно поднимались дрожащие на солнце струи пара, к которым невозможно было прикоснуться рукой. Температура струй была настолько высока, что брошенная в трещину береста или щепка вспыхивали меньше чем за минуту; загоралась и опущенная в трещину деревянная лопата.

Температуры газов в трещинах П.С. Палласом не замерялись. Если исходить из нарисованной им картины, это было настоящее открытое горение, со значительным поступлением кислорода, и температуры в этом случае локально могли достигать на поверхности многих сотен градусов. Правда, забегая вперед, заметим, что доступ кислорода в недра горы не был беспрепятственным: он зависел от направления ветра относительно системы

Рис. 7. П.С. Паллас (1741–1811), член Петербургской Академии Наук, автор первого научного описания феномена Янгантау
Fig. 7. P.S. Pallas (1741–1811), member of Petersburg Academy of Sciences, the author of the first scientific description of Yangantau phenomenon

трещин (от интенсивности поддува) и не обеспечивал, особенно в начале процесса, полного сгорания: шло образование обильного угарного газа, а затем, когда горение ослабло — в горячем газе повышалось содержание двуокиси углерода относительно состава атмосферного воздуха. Температурные замеры начали делать только с конца XIX в, и значения поверхностных температур по наблюдениям, сделанным до 1933 г., колебались в пределах от 30 до 150°С [Дзенс-Литовский, 1935]. В конце 50-х годов начали изучать и состав выходящих газов; замеры температуры поверхностных выходов газов в это время составляли 40–120°С [Пилипенко, 1966]. Позже, начиная с 80-х годов, дебит и температуры газов замерялись регулярно лабораторией при курорте, что позволило построить графики их изменения за 20 лет (рис. 8).

Средняя температура газов на устьях скважин и каптированной трещины в период 1980–2001 гг. составляла 60–80°С, причем в большинстве случаев, хотя и с определенными отклонениями, происходило ее понижение со средней скоростью 0,5°С в год. Это в 5 раз больше, чем расчетная скорость [Нигматулин и др., 1998], полученная без учета конвективного воздушного теплопереноса по трещинам.

Остывание горы видно и невооруженным глазом. А.И. Дзенс-Литовский в 30-х годах XX в. писал, что зимой, когда долины и горы Южного Урала покрываются снегом, на горе Янгантау снег не лежит. Сейчас гора поросла лесом, на ней зимой ложится снег, процесс затухает (рис. 9, 10). Вероятно, не только снизилась интенсивность процесса, но и сам его центр переместился вглубь горы.

Эта тенденция подтверждается и измерениями поверхностных температур пород. По данным термальной съемки К.А. Миловидова, сделанной в 1948 г., В.В. Штильмарк [1960] составил

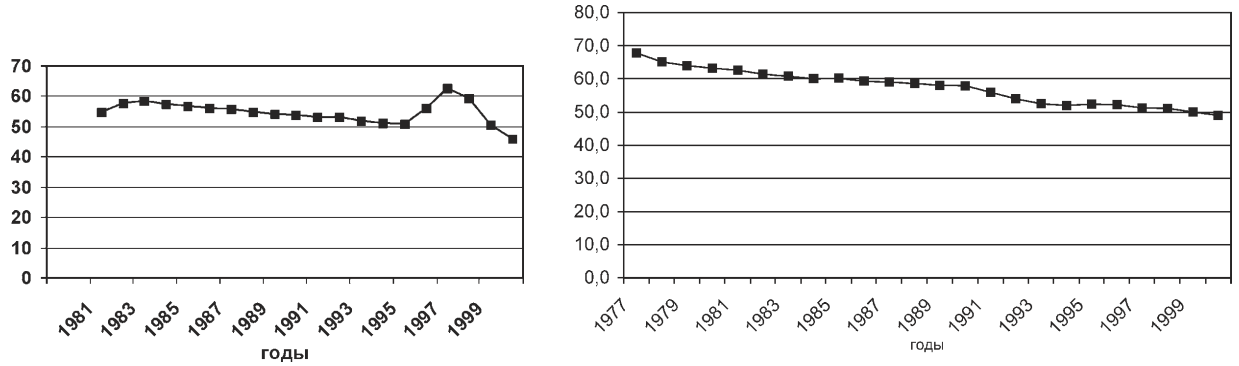


Рис. 8. Динамика изменения температур на устье каптированной трещины и скважины 4к (примеры). Обработка данных наблюдения — Р.Ф. Абдрахманова

Fig. 8. The dynamics of temperature changes at the mouth of captated fracture and the 4k borehole, as examples

Рис. 9. Паровая лечебница летом

Fig. 9. Steam clinic in summer

Рис. 10. Паровая лечебница зимой

Fig. 10. Steam clinic in winter

и опубликовал схему (рис. 11), на которой термальная зона, прослеживаемая на поверхности изотермой в 20°С, образовывала сплошную полосу шириной 100–200 м и длиной 1 км. При этом на выделенных в 1892 г. А.Я. Гордякиным термальных площадках А+В, С, Е она составляла свыше 25°С (площадка D не проявилась) В результате работ следующего этапа, проведенных в 1955–1960 гг. Г.Ф. Пилипенко [1966], была составлена новая схема, на которой 20-градусная изотерма уже распалась на 3 участка, по площади и расположению примерно соответствовавших 25-градусным изотермам схемы, опубликованной В.В. Штильмарком, а вместо 20-градусной изотермы появилась 15-градусная (рис. 12). И тут мы вновь видим остывание на 5°С примерно за 10 лет!

Данные о температуре главного тепловыделяющего очага более противоречивы. По данным В.В. Штильмарка [1960], максимальная температура в скважине 5У измерена на глубине 80 м и составляла плюс 378°С. По данным Г.Ф. Пилипенко [1966], в той же скважине на глубине 80 м 25.11.1961 г. зафиксирована температура 400°С. По данным же измерений курортной лаборатории, в 2001 г. максимальная температура в этой скважине на глубине 84 м составила всего лишь 152°С. Помимо приведенных материалов, позволяющих определенные экстраполяции в прошлое (их читатель может попытаться сделать и самостоятельно), имеется еще целый ряд данных, свидетельствующих о том, что первоначально поверхностные температуры местами могли достигать многих сотен градусов, причем возможно температура убывала экспоненциально, с замедлением и некоторыми всплесками, указывающими на нестационарность процесса.

Данные о ранней термальной и химической истории очага, полученные в результате изучения так называемого «метеорита Янган-Тау»

Самым неясным и интригующим во всей этой истории поначалу был момент, связанный с находкой металлического слитка, названного «метеоритом Янган-Тау». В дальнейшем ему была специально посвящена наша статья [Пучков и др., 2012]. Примерно 25 лет тому назад на территории курорта «Янган-Тау» при строительстве здания плавательного бассейна на дне вырытого под него котлована, на глубине примерно 7 м в коренных отложениях

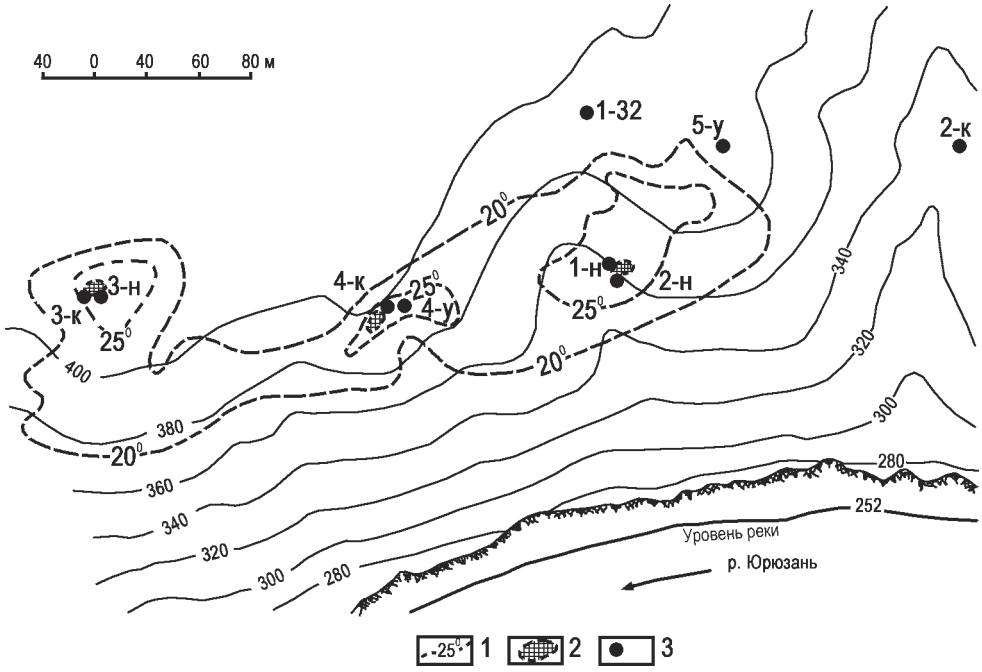


Рис. 11. Карта поверхностных проявлений тепла на горе Янгантау [Штильмарк, 1960], с упрощениями

Условные обозначения: 1 — изолинии температуры кровли коренных пород от 20°С и выше; 2 — участки с температурой кровли коренных пород выше 40°С; 3 — номер скважины и абсолютная отметка устья.

Fig. 11. The map of surficial heat manifestations on the Yangantau mountain (Stilmark, 1960), simplified

Legend: 1 — isopleths of temperatures at the roof of solid rocks, 20°C and higher; 2 — areas with temperatures higher than 40°C; 3 — borehole, its number and true altitude of the mouth.

тандакской свиты перми, был найден большой слиток железа (рис. 13). Большая часть образцов, отколотых рабочими-строителями от этого слитка, утрачена, а сам он, весом в несколько центнеров (?), был оставлен в земле и зарыт в ходе строительства; в настоящее время он находится

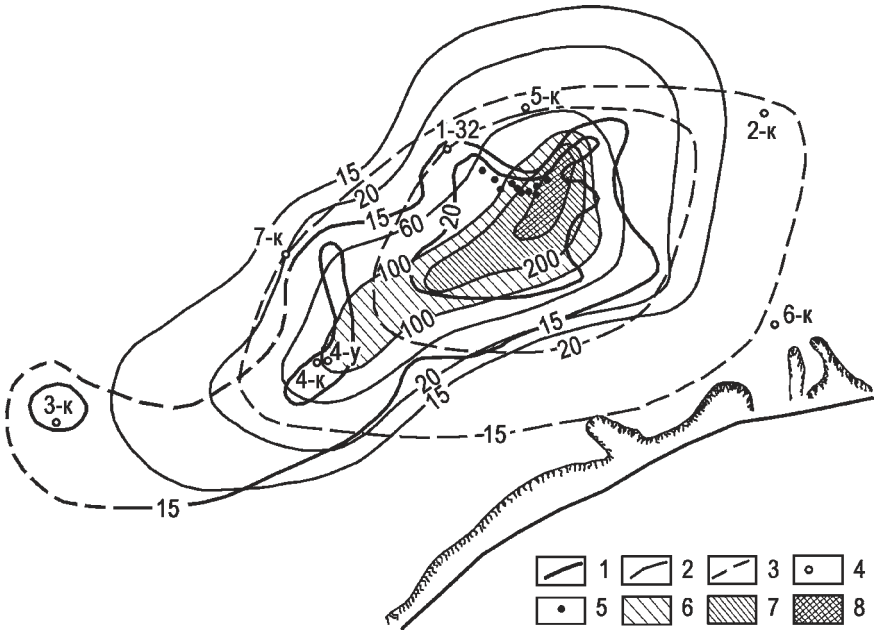


Рис. 12. Схематическая геотермическая карта тепловой аномалии горы Янгантау [Пилипенко, 1966]

Условные обозначения: 1 — изотермы поверхности (на глубине 1 м); 2 — изотермы на уровне максимального прогрева (отметка 265 м); 3 — изотермы на уровне водоносного горизонта; 4 — скважины разведочного бурения (1955–1961 гг.); 5 — эксплуатационные скважины. Температурные аномалии: 6 — от 100 до 200°С; 7 — от 200 до 300°С; 8 — выше 300°С.

Fig. 12. Schematic geothermic map of the heat anomaly of the Yangantau mountain (Pilipenko, 1966)

Legend: 1 — Thermal isopleths at surface (1 m deep), 2 — thermal isopleths at a depth of maximal heating (265 m altitude); 3 — isopleths at the level of the aquifer; 4 — boreholes of a prospecting drilling (1955–1961 years); 5 — exploitational boreholes. 6–8 — temperature anomalies: 6 — 100–200°C; 7 — 200–300°C; 8 — above 300°C.

Рис. 13. Фотография стены здания бассейна недалеко от места находки слитка (7 м глубже)

Fig. 13. The wall of the swimming pool close to the place where the iron ingot was found (7 m deeper)

непосредственно под краем фундамента здания, и в принципе его можно было бы вскрыть без ущерба для строения. Первоначально приходилось пользоваться очень небольшими образцами, которые удавалось получить от свидетелей и участников находки, однако затем, после смерти С.Г. Фаттахутдинова, вполне представительный образец весом около 3 кг перешел в руки Э.З. Гареева и затем был передан В.Н. Пучкову.

Как уже было сказано, первоначально предполагалось, что это метеорит (таково было мнение С.Г. Фаттахутдинова). Однако анализы (в том числе сделанные В.Н. Пучковым в начале 90-х гг. в Институте стали и сплавов и несколько позже Э.З. Гареевым — по его устному сообщению — в Институте проблем сверхпластичности материалов РАН) не подтвердили этого.

В 2001 г. контрольный анализ был сделан в ИМИН РАН. Состав (мас. %): Fe — 96,08; Mn — 1,08; Cr — 0,29; V — 0,13. Сумма 97,58. Микрозондовый анализ. Аналитик Чурин Е.И. Институт минералогии УрО РАН, Миасс; см. также табл. 1 (ан. 4) и табл. 3. Такой состав полностью исключает метеоритную природу.

По заключению сотрудника ИМИН РАН Т.П. Нишанбаева, структура слитка отвечает чугуну (рис. 14). Характер поверхности слитка, частично покрытой шлаком (стеклоподобной оболочкой), ноздреватой, с канальцами, дающими возможность предположить прохождение газов через расплав (рис. 15), позволял сразу усомниться в его неземном происхождении. Но и прямых свидетельств его рукотворности также не выявлено.

Нами впервые высказана гипотеза о том, что указанный слиток — следствие уникального природного процесса выплавки железной руды, связанного с термальными явлениями Янгантау на ранней их стадии. Чтобы подтвердить или опровергнуть ее, необходимы были дополнительные исследования. В частности, надо было решить, какова была руда. Приповерхностные слои тандакской свиты и перекрывающие их рыхлые осадки на глубине 1–3 м сильнейшим образом ожелезнены и содержат прослои охры до 5 см мощностью (рис. 16), так что, возможно, это была болотная руда. Местами в окрестностях Янгантау описаны небольшие болотца. Для естественного плавления в восстановительных условиях требуется темпера-

Рис. 14. Структура слитка, характерная для чугуна. Заключение Т.П. Нишанбаева. Фотография среза, сделанная в ИМИН РАН

Fig. 14. The structure of the ingot, characteristic of a cast-iron. The conclusion of T.P. Nishanbaev. The photo is made in IMIN RAS

Рис. 15. Представительный обломок чугунного слитка с веерообразно расположенными каналами. Угадывается наличие осевого канала движения газов

Fig. 15. A representative fragment of the cast-iron ingot with a fan-like position of channels. An axial channel of gas movement can be guessed

тура свыше 600°С, что не так далеко от оценок максимальных температур, которые получены по косвенным данным (см. ниже).

В пользу нашей гипотезы о природном характере плавления говорят такие данные, как полное отсутствие каких-либо исторических указаний на развитие железоделательной металлургии в районе Янгантау, а также факт нахождения слитка железа среди пермских коренных пород непосредственно под рыхлыми отложениями, но не в слое наносов, которые отвечали бы какой-либо исторической эпохе. Имеется свидетельство старожила (А.Т. Юсупов) о том, что после войны (ВОВ) непосредственно к востоку от территории курорта местные жители рыли колодец и вынули на поверхность два куска железа. Он же сообщил о том, что после войны местные жители на склоне борта долины под зданием паровоздушных ванн добывали гашеную известь (температура диссоциации кальцита — основного минерала известняка — свыше 650°С). А.И. Дзенс-Литовский [1935] отмечает среди пород, подвергшихся термальному воздействию, присутствие белесого порошка полугашеной извести. Мы изучили указанный участок, расположенный на береговом обрыве р. Юрюзань в 100 м восточнее железной лестницы на высоте около 50 м от уреза воды. Известь сейчас отсутствует; наоборот, здесь были вскрыты черные блоки (см. ниже), а известь исчезла, видимо, вследствие подмывания обрыва рекою. Сравнение состояния склона в 2001 и 2002 гг., когда мы производили наблюдения, позволяет сделать вывод, что размывание и обрушение обрыва в периоды паводков идет очень быстро.

Таким образом, уже на раннем этапе исследований для нас стало достаточно ясно, что мы имеем дело с редким природным явлением — естественным металлургическим процессом. В дальнейшем В.Н. Пучков, в сотрудничестве с минералогом и аналитиком, вернулся к этому вопросу, и указанные выводы были подтверждены аналитическим путем ([Пучков и др., 2012] и далее в данной статье).

Материалы и методы

Итак, в нашем распоряжении имелся образец металла весом около 3 кг. Часть поверхности образца естественная (внешняя, природная), а часть представлена сколами и спилами. Для исследований от него был отпилен небольшой фрагмент весом около 50 г, одна сторона которого представлена природной поверхностью на контакте с вмещающей породой. Такие размеры образца позволили изучить его под бинокулярным микроскопом

Рис. 16. Шурф на плоской поверхности террасы г. Янгантау, вскрывший прослои охристых пород (показаны стрелками)

Fig. 16. A pit at a flat surface of the terrace of the Yangantau mountain, opened two layers of ochre-like substance (ore?), shown by arrows

МБС-10 при увеличениях до ×56. Для микрозондовых исследований было изготовлено 2 полированных пластинки. Исследования выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург) на микроанализаторе Cameca SX 100 с пятью волновыми спектрометрами. Морфология естественных поверхностей исследована сканирующим электронным микроскопом JSM-6390LV фирмы Jeol, оснащенным энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 фирмы Oxford Instruments.

В Институте геологии Коми НЦ УрО РАН методом газовой хроматографии изучались состав и содержание газов, выделяющихся из проб стекол и металла с горы Янгантау при нагревании. Измерения выполнены на газовом хроматографе Цвет-800, соединенном с пиролитической приставкой, по известной методике [Петровский и др., 2008]. Пиролиз образцов проводился в кварцевом реакторе при поинтервальном нагреве навески [Миронова и др., 1992]. В качестве газа-носителя использовался гелий. Обработка хроматографических сигналов осуществлялась с помощью программы TWS–*Maxi Chrom*. В ходе анализа навеска исследуемого вещества помещалась в кварцевый реактор и продувалась потоком гелия при температуре 100°С в течение 60 минут для удаления сорбированного воздуха со стенок пробирки и воды, сорбированной на поверхности образца. Затем реактор нагревался до заданной температуры, а форколонка охлаждалась жидким азотом. По окончании пиролиза (3 мин) накопленные газовые компоненты поступали в рабочую колонку хроматографа. Анализ выполнялся в режиме программирования температуры термостата колонок от 40 до 115°С, со скоростью 15°С/мин. Скорость газа-носителя гелия составляла 18 мл/мин, температура детектора по теплопроводности — 150°С, ток — 140 мА, температура пламенно-ионизационного детектора — 150°С.

Данная методика позволяет определять следующие газовые компоненты: H_2, N_2, CO, CH_4, C_2H_4, C_2H_2, C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8, изо-C_4H_{10}, C_4H_8, н-C_4H_{10}, CO_2, H_2O, H_2S и SO_2. Определение содержаний газов проводилось с использованием калибровочного коэффициента. Ввод стандартной газовой смеси в реактор осуществлялся с помощью кранадозатора. В выбранных условиях минимально определяемое содержание по основным компонентам составляет (мкг/г): для катарометра: $5\cdot10^{-3}$ — для N_2 и CO, $8\cdot10^{-3}$ — для CH_4 и CO_2, 1,1 — для H_2O и $2\cdot10^{-2}$ — для H_2; для ДИП: CH_4 — $8\cdot10^{-5}$, C_2H_4, C_3H_6 — $1\cdot10^{-4}$, C_2H_2, C_2H_6, C_3H_8 — $7\cdot10^{-5}$, C_4H_{10}, изо-C_4H_{10} — $2\cdot10^{-5}$. Самый низкий порог определения имеет водород. Это связано с тем, что детектор по теплопроводности обладает низкой чувствительностью по водороду при использовании гелия в качестве газа-носителя. Калибровка по воде проводилась по стандартной пробе СГД-1а (габбро эссекситовое ГСО). Вероятная относительная погрешность метода 16%.

Результаты исследований

В образце металла наблюдается несколько трубчатых червеобразных каналов диаметром до 1–2 мм, образующих веерообразные или бессистемные скопления (рис. 15, 17). Форма каналов округлая, сечение непостоянное. При выходе на поверхность металла они принимают воронкообразную форму, увеличиваясь в диметре в 2–3 раза.

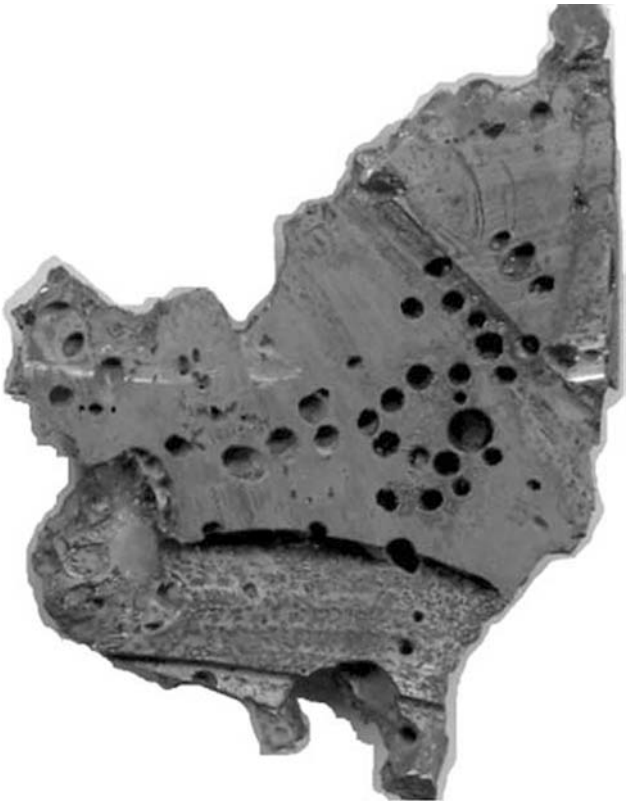


Рис. 17. Трубчатые каналы на спиле образца металла субпараллельного поверхности соприкосновения с вмещающей породой (обратная сторона образца). Наибольшее измерение образца 30 мм

Fig. 17. Pipe-like channels at a cut surface of the metal sample, subparallel to the suface of a contact between the ingot and the enclosing rock (the opposite side of the sample). The maximal dimension of the sample — 30 mm

Стенки каналов сглаженные, поверхность шагреневая. В некоторых случаях наблюдаются резко выраженные в рельефе параллельные гребневидные выросты металла, ориентированные вдоль канала. Морфология такой поверхности указывает на эрозию стенок канала в результате тока горячей газовой струи. В металле часто наблюдаются естественные щелевидные микротрещинки растяжения, борта которых иногда чуть смещены. Стенки неровные. Хорошо видна структура металла: субизометричные зерна 0,5–1,0 мм в поперечнике. Сечение по форме близко к квадратному. Границы зубчатые. Поверхности зерен плоские и выглядят как спайность, чем сильно напоминают скол мрамора или галенитовой руды. Около стенок каналов размеры зерен обычно уменьшаются в 2–3 раза. В качестве особенностей отметим, что в природных условиях металл коррозии не подвергался, но после распиливания образца ржавчина появилась уже через несколько часов. Поверхности скола были значительно более устойчивы к окислению, но и они потускнели в течение многих лет.

Вмещающие породы, наблюдаемые в образце, представлены глинистыми несортированными песками (или песчаниками). Среди минералов песчаной размерности преобладает кварц различной степени окатанности. В качестве единичных зерен отмечены ставролит, темная слюда, рутил. На контакте металла с глинистыми песками наблюдается слой сильно вспененного стекла толщиной до 1 мм. Стекло бесцветное или слегка желтоватое, иногда образует капли (рис. 18). Контакт стекла с глинистыми песками наблюдается редко. Чаще он представлен обломками стекла, сцементированными песчано-глинистым материалом.

На одном участке природной поверхности металла наблюдается очень тонкий слой черного непрозрачного стекла (?), распределенного пятнами. На устьях каналов это стекло образует конусовидные нашлепки, похожие на миниатюрные вулканы, вершины которых осложнены кратерами (рис. 19 и 20). Вероятно, температура газов выходящих из каналов была выше температуры, существовавшей на внешней поверхности металла, что привело к локальному плавлению находящейся в контакте субстанции. Другой вариант: конденсация материала из газовой струи, вышедшей из металла. Состав черной стекловидной массы непостоянный (табл. 1); резко преобладают Ti, Si, Mn, Mg, Fe, C. В черной стекловидной (шлаковидной)

Рис. 18. Природная поверхность контакта слитка с вмещающей породой. Видна стекловатая корка, отдельные капельки стекла на ней, в нижней левой части — канальцы, выходящие на поверхность и, возможно, угловатые отпечатки обломков вмещающей породы

Fig. 18. The natural surface of the ingot at the contact with the enclosing rock. One can see the glassy crust and separate drops of glass on it. In the lower part of the sample one can see channels and probably angular imprints of fragments of the host rock

массе распространены газовые пузыри изометричной формы. На стенках пузырей и в самой шлаковидной массе часто наблюдаются включения мелких шариков металла (рис. 21), по составу близких основной массе самородка (табл. 1).

Наиболее ценную информацию дала газовая хроматография (табл. 2). В стекле в интервале температур 100–600°С резко преобладают H_2O и CO_2; на третьем месте находится монооксид углерода (CO). В интервале температур 600–1000°С следуют

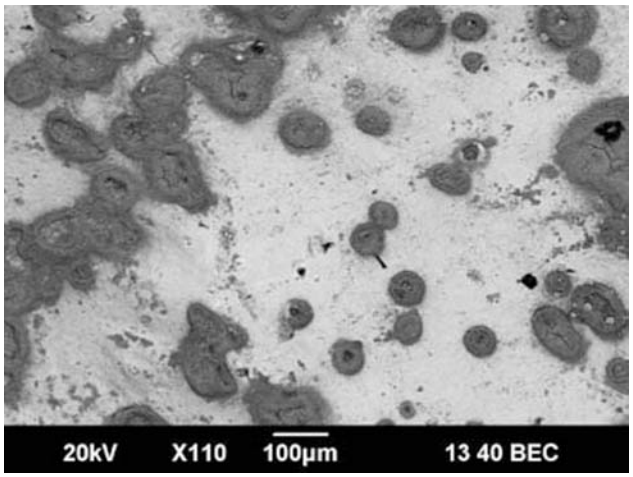


Рис. 19. Устья трубчатых каналов на естественной поверхности образца металла, к которым приурочены конусы черной стекловидной массы

Здесь и на рис. 20 . Электронный микроскоп JSM-6390LV. ЦКП УрО РАН «Геоаналитик».

Fig. 19. The orifices of pipe-like channels at the natural surface of the metal sample with cones of a glass-like mass

Here and at Fig. 20 — electron microscope JSM-6390LV. UrB RAS, “Geoanalitik” Lab.

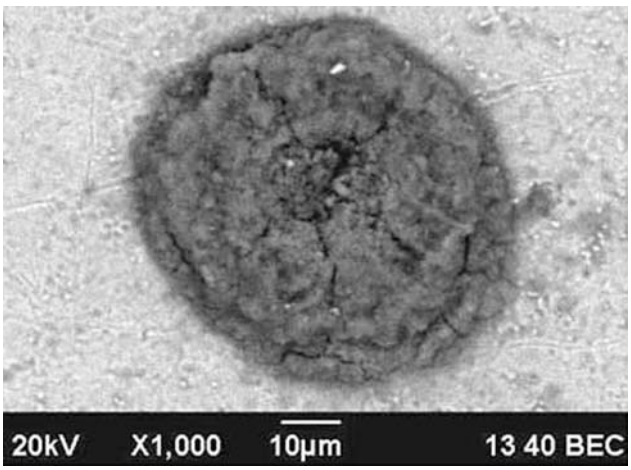


Рис. 20. Типичный вид конуса черной стекловидной массы на устье трубчатого канала (см. рис. 19). Хорошо видны радиальные трещины растяжения, концентрические валы и жерло

Fig. 20. Typical appearance of the orifice of pipe-like channel at the natural surface of the metal sample (see fig. 19). Radial tension fractures, concentric ridges and the central crater are clearly seen

Таблица 1

Химический состав черной стекловидной массы и металла

Table 1

Chemical composition of black vitreous mass and metal

Элемент	1		2		3		4	
	вес. %	атом. %	вес. %	атом. %	вес. %	атом. %	вес. %	атом. %
C	3,04	6,66	18,65	37,01			8,65	27,16
O	32,62	53,68	19,83	29,54	49.06	72,85	4,57	10,77
Mg	1,81	1,96	1,11	1,09	3,00	2,93		
Al	2,24	2,19	0,51	0,45	1,17	1,03		
Si	6,71	6,29	14,23	12,08	1,77	1,49	5,05	6,78
K	2,54	1,71			0,25	0,15		
Ca	5,79	3,80	0,75	0,45	0,47	0,28		
Ti	29,09	15,99	0,75	0,37	32,70	16,22		
Cr	0,68	0,35	4,68	2,14	3,21	1,47	1,65	1,20
Mn	10,11	4,84			3,60	1,56	1,26	0,86
Fe	5,37	2,53	39,49	16,86	4,78	2,03	78,82	53,23
Итого	100,00		100,00		100,00		100,00	

Примечание. Анализы выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы Jeol, оснащенном энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 фирмы Oxford Instruments. Аналитик С.П. Галватских. 1–3 — черная стекловидная масса; 4 — металл. Повышенные содержания хрома обусловлены полировкой образца окисью хрома.

(в порядке убывания): CO_2, CO, H_2 и CH_4. Это восстановленные газы. В пересчете на CO и CO_2 соотношение составляет 30 и 70% соответственно. Еще более впечатляющие цифры состава газов получены по металлу, особенно в интервале температур 600–1000°C. В составе газов установлено 76% CO и 21% CO_2. Такой состав законсервированных в металле газов-восстановителей является ключом к определению процессов, результатом которых было образование самородного чугуна.

Обсуждение результатов исследований

На рис. 22 показана субграфическая (перлитная — в металлах) структура, наблюдаемая на полированной поверхности металла в отраженных электронах. Такая структура характерна для чугуна и обусловлена эвтектоидным распадом (перлитным превращением) аустенита на две фазы — феррит и цементит (Fe_3C, доля C до 6,67%). Микрозондовые анализы металла (табл. 3) подтвердили ранее сделанные выводы о том, что это чугун [Пучков, Абдрахманов, 2003]. Наличие на поверхности металла глинистых песков (или песчаников) с обычными терригенными минералами показывает, что самородок чугуна сформировался: 1) в природных условиях, 2) в рыхлых отложениях, лежащих на поверхности известняков (в выемке закартированы карбонатные породы). Таким образом, правомочность гипотезы В.Н. Пучкова полностью подтверждена. Встает вопрос о том, какие процессы привели к возникновению самородного чугуна.

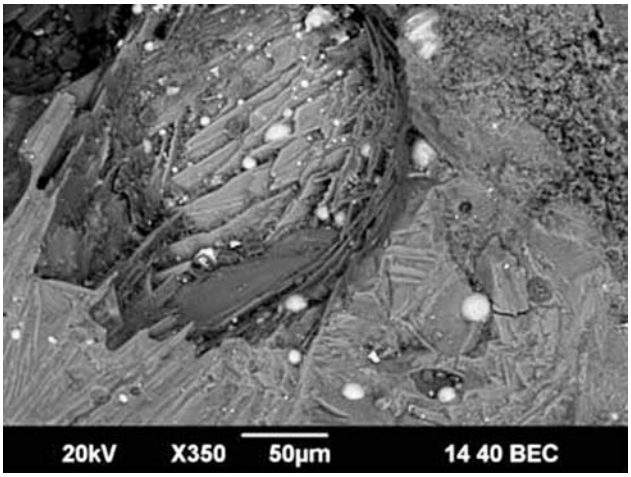


Рис. 21. Газовая полость и мелкие шарики металла в черной стекловидной массе

Fig. 21. Gas cavity and small metal globules in a black glass-like mass

Самородное железо описано во многих местах по всему миру (в Сибири, Индии, Сенегале, Германии, Гренландии, США и др.). Известно оно и на смежной к северо-западу площади Уфимского плато [Кисин и др., 2002]. Обычно оно почти чистое, малоуглеродистое, мягкое и ковкое. Самородный чугун встречается значительно реже. Как отмечает Н.А. Мезенин [1972], для его образования необходимы особые условия. Это может иметь место, например, вследствие контакта раскаленного углерода с железной рудой и получающимся из нее сплавом. В качестве примера Н.А. Мезенин

Таблица 2

Результаты хроматографического анализа газов из стекла и железа с горы Янгантау (в мкг/г и %)

Table 2

The results of chromatographic analysis of gases from glass and iron from the Yangantau mountain (in μg/g and %)

T, °C	H_2	N_2	CO	CO_2	H_2O	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_3H_6	C_3H_8	i–C_4H_{10}	C_4H_8	n–C_4H_{10}
Стекло (масса пробы 0.074 г)													
100–600	3,96	0,0	9,94	187,23	2568	1,25	0,54	0,10	0,71	0,14	0,01	0,56	0,07
600–1000	7,03 / 1,80%	0,0	115,31 / 29,47%	268,82 / 68,69%	0	0,16 / 0,04%	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Металл (масса пробы 0.1213 г)													
20–200	0,31	0,07	0,44	83,3	27378	0,27	0,02	0,21	0,06	0,50	0,00	0,01	0,07
200–600	29,63	0,00	130,26	355,0	14903	2,31	0,90	0,43	1,03	0,34	0,00	0,07	0,02
600–1000	3,98 / 0,05%	0,00	6548,5 / 76,01%	1838 / 21,3%	224 / 2,60%	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Примечание. Анализы выполнены в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар. Аналитик С.Н. Шанина.

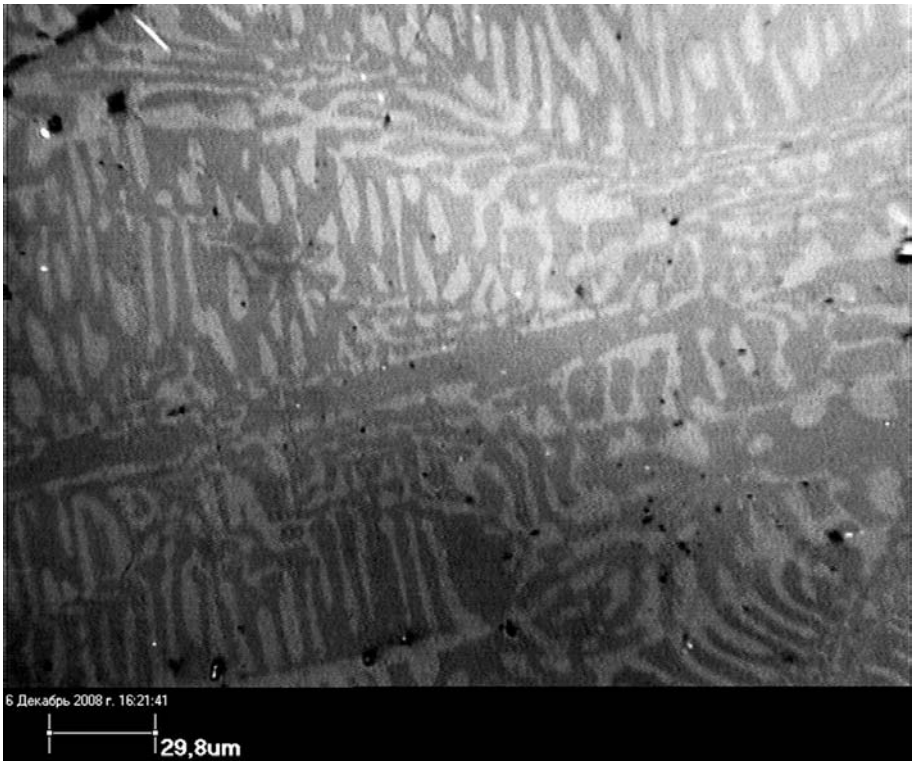


Рис. 22. Графическая структура металла, наблюдаемая под электронным микроскопом. По описанию она похожа на перлитную структуру, характерную для чугуна

Fig. 22. Graphic structure of metal, revealed by the electronic microscope

Таблица 3

Результаты микрозондовых анализов металла с г. Янгантау (вес. %)

Table 3

Results of microprobe analyses of metal from Yangantau (wt %)

№ анализа	Компоненты							
	C	Si	V	Cr	Mn	Fe	Ni	сумма
1	7,39	0,01	0,18	0,33	1,27	92,39	0,05	101,61
2	7,49	0,01	0,19	0,42	1,22	92,53	0,06	101,92
3	0,23	0,28	0,05	0,11	0,85	97,49	0,10	99,12
4	6,22	0,03	0,15	0,25	1,47	92,22	0,03	100,36
5	8,26	0,02	0,16	0,30	1,32	92,12	0,02	102,21
6	7,19	0,00	0,19	0,39	1,19	92,46	0,02	101,44
7	7,58	0,00	0,19	0,42	1,21	92,76	0,01	102,18
8	6,78	0,00	0,16	0,40	1,23	92,48	0,02	101,07
9	22,64	0,05	0,16	0,33	1,18	89,24	0,03	113,63
10	1,67	0,41	0,02	0,10	0,88	97,42	0,07	100,57
11	1,45	0,44	0,03	0,09	0,87	97,97	0,08	100,91
12	0,00	0,21	0,16	0,14	0,99	91,77	0,03	93,30
13	0,46	0,31	0,03	0,11	0,88	96,64	0,06	98,49
14	0,43	0,25	0,03	0,13	0,83	97,11	0,03	98,81
15	5,33	0,15	0,09	0,23	0,98	93,66	0,03	100,46
16	6,12	0,01	0,16	0,34	1,32	92,37	0,03	100,36
17	13,43	0,01	8,49	0,55	0,06	1,99	0,02	24,55
18	5,93	1,46	6,40	0,37	0,24	2,21	0,01	16,60

Примечание. 1, 2 — участки серого цвета (рис. 5); 3–8, 10–13 — светлые участки; 9, 17, 18 — мелкие светлые включения треугольного сечения; 14, 15 — железо. В спектрах анализов 17 и 18 имеется титан. Аналитик В. Гмыра.

описывает находку самородного чугуна А.А. Иностранцевым в 1905 г. в районе острова Русский на Дальнем Востоке. Здесь небольшие пластообразные скопления самородного чугуна залегали на глубине 30–40 м под скальными породами морского берега. В пробах самородного чугуна, подсеченного скважиной, оказалось около 3,2% углерода, 1,55% кремния, 0,66% марганца. По мнению А.А. Иностранцева, самородный чугун здесь образовался в результате извержения лавы кварцевого порфира на поверхность переслаивающихся пластов каменного угля и железной руды. Под влиянием высоких температур и без доступа воздуха из каменного угля произошло выделение углеводородов и окиси углерода, которые взаимодействовали с пластами железной руды.

Температура плавления железа 1539°С. Силикатные стекла плавятся при температурах около 1400°С. Но наблюдаемые местами на поверхности металла с горы Янгантау корки стекла и шлаков — очень тонкие, не более 1 мм. Это может свидетельствовать в пользу относительно низких температур, существовавших на момент формирования слитка, и/или о локальности такого нагрева.

Металлурги получают чугун в доменной печи. Е.Ф. Вегман и др. [2004] описывают доменный процесс в условиях избытка газа-восстановителя реакциями:

$$Fe_3O_4+mCO \rightarrow 3FeO+(m-1)\cdot CO+CO_2, \quad (1)$$
$$FeO+nCO \rightarrow Fe+(n-1)\cdot CO+CO_2. \quad (2)$$

При температуре 800°С равновесный состав газа реакции (2) составляет 70% CO и 30% CO_2. Для этого требуется, вместо 1 моля восстановителя, $3^1/_3$ моля. Для восстановления высших оксидов железа не требуются высокие содержания CO, но для восстановления FeO необходимы высокие концентрации монооксида углерода, возрастающие с ростом температуры. Результаты хроматографического анализа показали, что в самородном чугуне доля монооксида углерода составляет 76%. Возможно, это объясняется более высокими температурами восстановления FeO (более 800°С).

Е.Ф. Вегман и др. [2004] также отмечают, что наличие твердого углерода требует учитывать равновесие в системе C–CO–CO_2:

$$CO_2+C = 2CO-166{,}32 \text{ МДж} \quad (3)$$

Это реакция газификации углерода (3), которая зависит от давления: рост давления смещает равновесие влево, а снижение — вправо. Она протекает при высоких температурах и отличается высокой скоростью. Напротив, реакция распада CO протекает медленно и для достижения равновесия необходимо время.

На рис. 23 приведена совмещенная диаграмма равновесий в системе Fe–O–CO и C–CO–CO_2. В реальном газе при температурах ниже 700–800°С содержание CO выше, чем в равновесном, определяемом реакцией газификации. Диаграмма показывает, что в печи равновесный состав газа не достигался. Иначе при давлении 98 кПа и температуре ниже 650°С (кривая 2, точка *а*) не получить FeO из Fe_3O_4, как Fe из FeO при температуре ниже 685°С (кривая 2, точка *б*). А поскольку равновесие в реальном газе не достигается, то становятся возможными реакции косвенного восстановления Fe_3O_4 и FeO в условиях более низких температур.

Таким образом, состав газов из стекол и самородного чугуна однозначно указывает на природный доменный процесс, имевший место на горе Янгантау. Судя по примесям марганца и кремнезема, рудой для выплавки чугуна послужили слои бурого железняка, которые часто образуют скопления на закарстованной поверхности известняков.

Выводы по изучению образца металла

В результате проведенных исследований образца металла с термальной аномалии г. Янгантау подтверждено, что это самородный чугун. В составе газов из металла и стекла с его поверхности, выде-

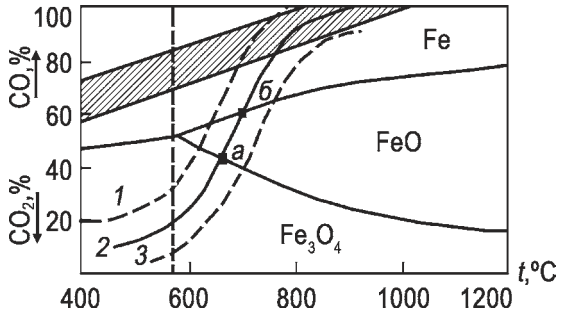


Рис. 23. Совмещенная диаграмма равновесий в системе Fe–O–CO и C–CO–CO_2 (по [Вегман и др., 2004])

Заштрихованная область — изменения реальных газов в доменной печи. Цифрами 1–3 обозначены кривые равновесия в системе C–CO–CO_2 (при давлениях 1 — 49, 2 — 98 и 3 — 147 кПа). Точка а — восстановление по реакции (1), а точка б — по реакции (2) при давлении 98 Кпа.

Fig. 23. A combined diagram of equilibrium in the sysnem Fe–O–CO and C–CO–CO_2 (after Vegman et al., 2004)

The hatched area — changes of real gases in a blast furnace. The numbers 1–3 show the curves of equilibria in the system Fe–O–CO and C–CO–CO_2 (under pressures: 1 — 49, 2 — 98 and 3 — 147 Kpa). Point a — reduction with the reaction (1), and point b — with the reaction (2) under pressure of 98 Kpa.

лившихся в интервале температур 600–1000°С, велика доля монооксида углерода, что указывает на имевший место природный доменный процесс. Рудой для образования чугуна послужили, вероятно, скопления бурого железняка, которые часто образуются на закарстованной поверхности известняков. Самородный чугун термальной аномалии г. Янгантау образовался в относительно недавнее время, но это может быть и 100, и 200 лет назад — ближе ко времени экспедиции Палласа, когда температура исходящих газов составляла сотни градусов, а в их составе преобладал угарный газ. Таким образом, изучение слитка чугуна позволило нам приблизиться к пониманию характера процессов (температуры и выделяемых газов) на ранних стадиях развития очага.

Палеотемпературы пород на поверхности земли

Изучение палеотемператур горных пород, проведенное А.С. Бобоховым по разработанной им методике изучения индекса термодегазации, выявило несколько поверхностных палеотермальных аномалий,— не только в районе Янгантау, где температуры местами достигали, по данным этого исследователя, 600°С (максимальной величины, измеряемой данным методом), но и в других местах,— например, до 200°С в ядре расположенной западнее Месягутовской антиклинали, осложненной одноименным надвигом (рис. 2), и до 400°С в лежачем крыле этого надвига [Нигматулин и др., 1998].

Таким образом, процесс выделения тепла шел по убывающей: первоначально температуры вблизи земной поверхности могли достигать сотен °С, но постепенно температура процесса снижалась, и он уходил вглубь горы. По Г.Ф. Пилипенко [1966], на период его наблюдений горячая зона находилась на глубине до 100 м под бровкой крутого борта долины р. Юрюзань, была вытянута в широтном направлении и имела гантелеобразную форму (рис. 12).

Для понимания природы процесса полезно было изучить более внимательно породы, подвергшиеся прокаливанию,— так называемые ***горелики***, развитые на поверхности в пределах вышеуказанных палеотермальных аномалий (рис. 24, 25).

Горелики

Эти породы красноватого (до кирпичного), белого, серого, голубовато-серого, розоватого, розовато-желтого цветов резко контрастируют с темно-серыми битуминозными мергелями янгантауской свиты, среди которых они находятся. В обнажениях уступа г. Янгантау, обращенного к реке, они отмечены на двух уровнях (рис. 24, 25). Верхний образует плоскостную зону, непосредственно связанную с тепловой «гантелей», и выходит вблизи бровки берегового склона. Сейчас склон сильно зарос по сравнению со временем, когда проводились наиболее подробные исследования, и вдобавок боковая эрозия реки и обрушения склона очень интенсивны, но выходы гореликов все же можно наблюдать, например, в 3 м ниже смотровой беседки на западном краю курорта. В более восточных районах они проявляют себя двумя шлейфами осыпей на крутых не заросших растительностью участках склона долины р. Юрюзань, а также встречаются в лесу на склоне, где они могут быть прослежены по остаткам выемок, сделанных десятилетия назад «дикими» курортниками, занимавшимися самолечением. Именно эти горелики, прослеживающиеся вблизи контакта между янгантауской и тандакской свитами, близки к предполагаемой зоне надвига, с трением по которой сторонники «тектонической», или «шарьяжной» теории связывали происхождение термальной аномалии. Однако горелики верхнего уровня не следятся по какой-то одной поверхности, которую можно было бы идентифицировать с поверхностью надвига. Горелики нижнего уровня, которые, по-видимому, также связаны с очагом,— с нижней частью его южного окончания (рис. 24), вообще выходят локально, имея вид протуберанца. Здесь нет никаких геологических оснований для того, чтобы предполагать еще один надвиг: вверх по восстанию слоев (аз. пд. 70°, ∠10°) горелики переходят в неизмененные мергели, отчетливо пахнущие битумом при ударе. Естественные обнажения горелых пород этого уровня находятся в крутом обрыве берега, в 100 м к востоку от железной лестницы и примерно в 10 м выше уреза воды (там, где старожилы указывали на высыпки извести). Среди развитых здесь разноцветных пород особое внимание обращают на себя кирпично-красные «звонкие» плитчатые сланцы.

Термограммы их, полученные на дериватографе, не дают пиков: по-видимому, это наиболее сильно обожженные разности. Красный цвет объясняется переходом закисного железа в окисное при обжиге. На поверхностях плиток найдены сохранившиеся отпечатки гониатитов — пелагической фауны, которая не встречается в природных континентальных красноцветах.

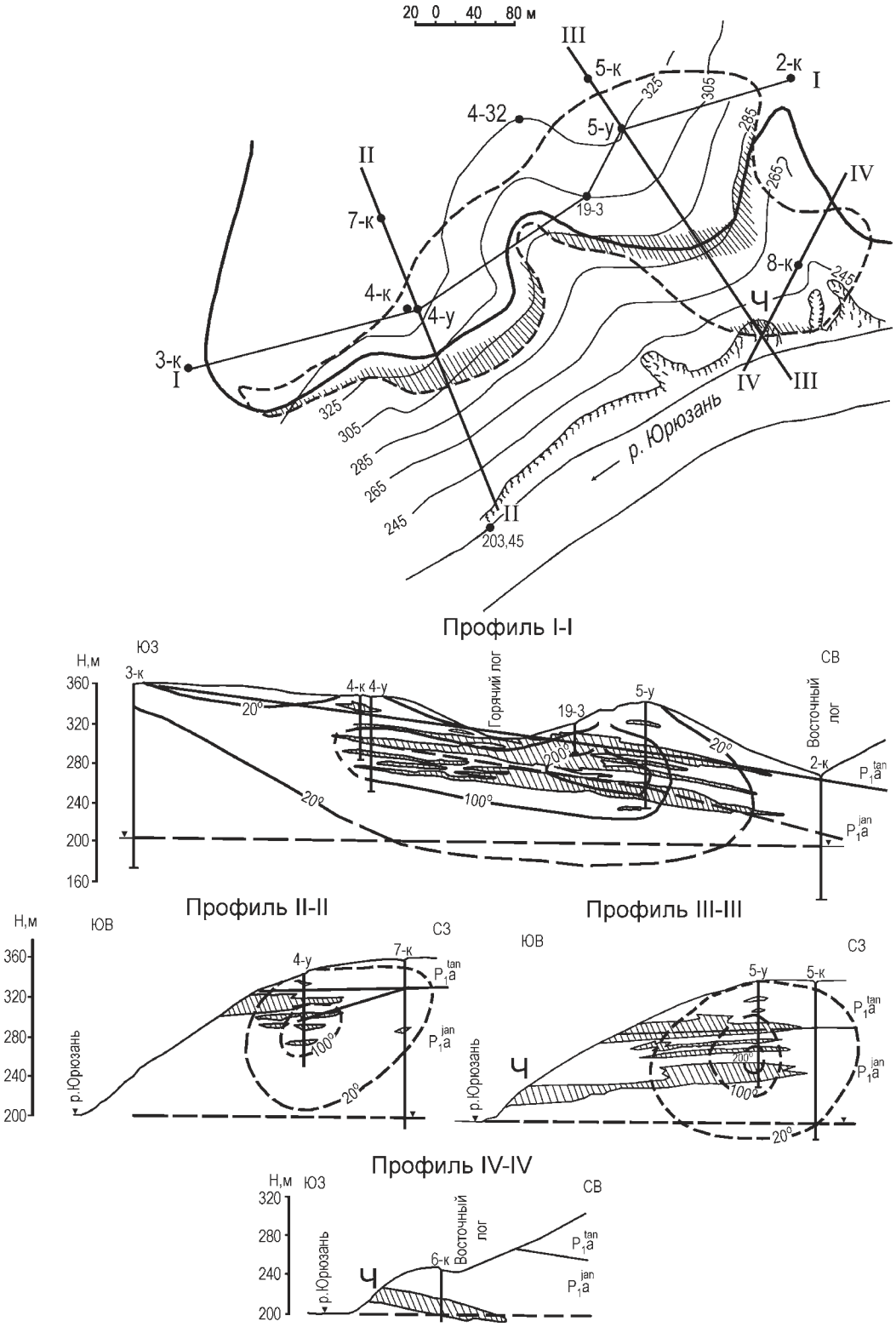


Рис. 24. Распределение горелых пород и связь их с тепловыми аномалиями. Горелые породы показаны косой штриховкой (по данным Г.Ф. Пилипенко и др.). Ч — примерное положение черного блока на плане и в пересечении профилей III–III и IV–IV

Fig. 24. A distribution of burnt rocks and their connection with the temperature anomalies. The burnt rocks are hatched (after data of G.F. Pilipenko et al.). Ч — approximate position of the «black block» on plan and on transection of profiles III–III and IV–IV

Важной деталью этого обнажения являются также впервые описанные на Янгантау «черные блоки» (рис. 26–28). Данный термин обычно используется специалистами по минералогии техногенеза, изучающими отвалы угольных бассейнов (терриконы), в которых, как известно, происходит самопроизвольное горение оставшегося угля. Черные блоки — это участки не прогоревших пород, сильно прокаленных без доступа кислорода. В них шли процессы, сходные с сухой перегонкой углистых и битуминозных веществ, в результате чего образуется вещество, близкое к саже или шунгиту, практически не содержащее летучих. «...Вся масса породы равномерно пропитывается значительным количеством углеродистого вещества типа газовой сажи и становится черной...» [Чесноков,

Рис. 25. Типичные горелики
Fig. 25. Typical burnt rocks (“goreliks”)

Рис. 26. Черный блок среди гореликов
Fig. 26. “Black block” among “gorelik”

Щербакова, 1991]. В нашем случае это небольшие, до 2 м в поперечнике участки, приближенные к нижней части горелой зоны. Анализы органики, произведенные в лаборатории ИОХ РАН (аналитик Г. Анпилогова), даются в табл. 4.

Из таблицы (табл. 4) анализов, сделанных в лаборатории ИОХ РАН, ясно, что углеводороды в черных блоках отсутствуют. Часть вещества могла уйти в виде CO_2 и других газов при прокаливании анализируемых проб.

Таблица 4
Table 4

№№ обр.	%C	%H	%N	% золы
Обр. 22б-1 П01	14,2	Отсутствует	Отсутствует	67,56
Обр. 22б-2 П01	13,7	Отсутствует	Отсутствует	67,56

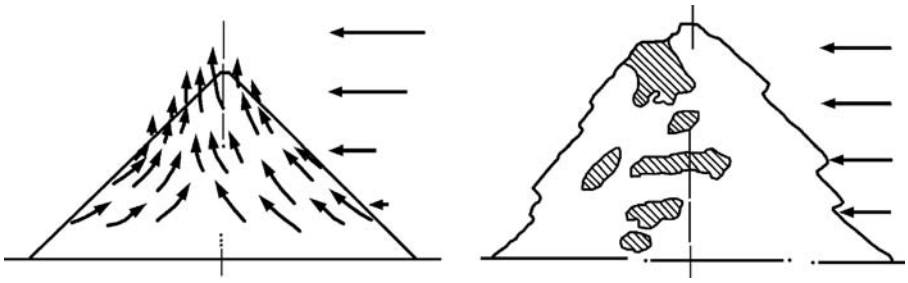


Рис. 27. Схема предполагаемого движения газов в термически активном терриконе и положение черных блоков, образующихся в случае недостаточного обеспечения процесса горения кислородом

Стрелки — направление ветра, заштриховано — черные блоки [Чесноков, Щербакова, 1991].

Fig. 27. The scheme of suggested movements of gases in thermically active coal refuse heap and a position of "black blocks", forming in case of insufficient supply of an oxygen

Arrows are the direction of wind; hatched are "black blocks" (Chesnokov, Scherbakova, 1991).

Рис. 28. Тот же черный блок, что на рис. 26, видный среди гореликов (слева вверху) с противоположного берега реки. Представление о масштабе дает фигурка рыбака справа у уреза воды

Fig. 28. The same "black block" of the fig. 26, among "goreliks" at the upper left of the outcrop seen from the left bank of the river. For the scale is a fisherman to the right below

В таблице обращает на себя внимание также значительное содержание углерода, что может служить свидетельством большего содержания горючего вещества (свыше 15–20%) в зоне горения по сравнению с фоновым содержанием битумов во вмещающих мергелях (1,96–3,7%). Объяснения этому давались разные: то ли это разрушенное *in situ* месторождение нефти, то ли постоянный, постепенно иссякающий подток углеводородов к природному очагу [Фаттахутдинов и др., 1982] — выбрать правильный вариант сейчас достаточно трудно, однако сам факт окисления органического вещества можно считать доказанным. В любом случае в баланс окислительных процессов и расчетов производимой тепловой энергии необходимо включать и фоновые значения битумов: ведь в измененных породах (гореликах) битумы отсутствуют, так как они были выжжены, или полностью окислены.

Мы предлагаем альтернативное объяснение обсуждаемому феномену: концентрация битумов выше фоновых значений могла быть связана с их возгонкой на краю горячей зоны с последующим отложением и концентрацией на ее более дальней периферии.

Причиной образования черных блоков в описанном случае, вероятно, является частичная изоляция от поддува той части склона, на которой они находятся, благодаря наличию в момент горения мощного глинисто-щебенчатого делювиального шлейфа, который мог быть впоследствии размыт рекой.

Баланс CO_2 и O_2 и процесс окисления/горения

О балансе кислорода и углекислого газа изучавший этот вопрос Г.Ф. Пилипенко [1966], как и его предшественник В.В. Штильмарк, говорят в своих публикациях предельно скупо, почти как о чем-то само собой разумеющемся, поскольку они уверены, что причиной образования термальных газов являются окислительные экзотермические процессы. «...Термальные газы отличаются от атмосферного воздуха повышенным содержанием CO_2 (до 15%) при соответствующем снижении количества O_2. На месторождении выделяются две зоны, резко отличающиеся друг от друга по режиму и составу газов: нижняя (термальное ядро) — замедленного газообмена (CO_2 больше 6,5%) и верхняя — интенсивной циркуляции и «продувания» (CO_2 меньше 6,5%)...» [Пилипенко, 1966]. Поскольку, однако, до сих пор существуют противники теории горения/окисления, предлагающие альтернативные концепции источника энергии (тепло трения, радиоактивного распада, вулканического очага и т.п.), мы приводим некоторые типичные графики замеров содержания CO_2 и O_2 в скважинах в зависимости от глубины, взятые из отчетов Г.Ф. Пилипенко (рис. 29, слева). Легко видеть, что графики содержания этих газов, соотнесенные с глубиной скважины, зеркально противоположны: вблизи очага кислород поглощается с образованием углекислого газа, а по мере движения к устью скважины термальный газ разбавляется воздухом; в результате содержание кислорода растет, а углерода — падает. Такая же зеркальная симметрия наблюдается между графиками концентраций O_2 и CO_2 при сезонных наблюдениях (рис. 29, справа), где главную роль играет интенсивность поддува воздуха и его изначальная температура.

Присутствие углекислого газа и часто почти полное отсутствие кислорода вблизи термального максимума указывают на то, что экзотермические реакции продолжались и в момент проведения наблюдений. Более того, в единичных случаях, как в скважине 13э, Г.Ф. Пилипенко в 1958–59 гг. фиксировались даже угарный газ — 0,1% и водород — 0,06% [Пилипенко, 1960]. Еще более убедительные данные о существовании продолжающегося в настоящее время окислительного процесса получены рабочей группой химиков ИОХ УНЦ РАН [Муринов и др., 2001 г.]. Проанализировав образцы газа и конденсатов паров скважин «22» и «27», они установили в пробах, наряду с повышенным содержанием углекислого газа, систематическое наличие угарного газа и водорода. Установленное в конденсате пара наличие предельных и непредельных углеводородов и соответствующих им окисленных соединений (спирты, кетоны, сложные эфиры, кислоты) также подтверждает гипотезу термоокислительной деструкции сланцев в очаге горения. Продукты термоокислительной деструкции углеводородов и углеводороды выносятся из очага горения в результате перегонки с водяным паром. Наблюдения показали, что содержание CO_2, CO и температура паронасыщенного газа значительно изменяются в зависимости от сезона и направления ветров (т.е. от температуры воздуха, интенсивности поддува и количества поступающей воды).

В 200–250 м от термального ядра на берегу р. Юрюзань из мергелей вытекают субтермальные (T до 20°C) источники, имеющие низкую M (0,7–

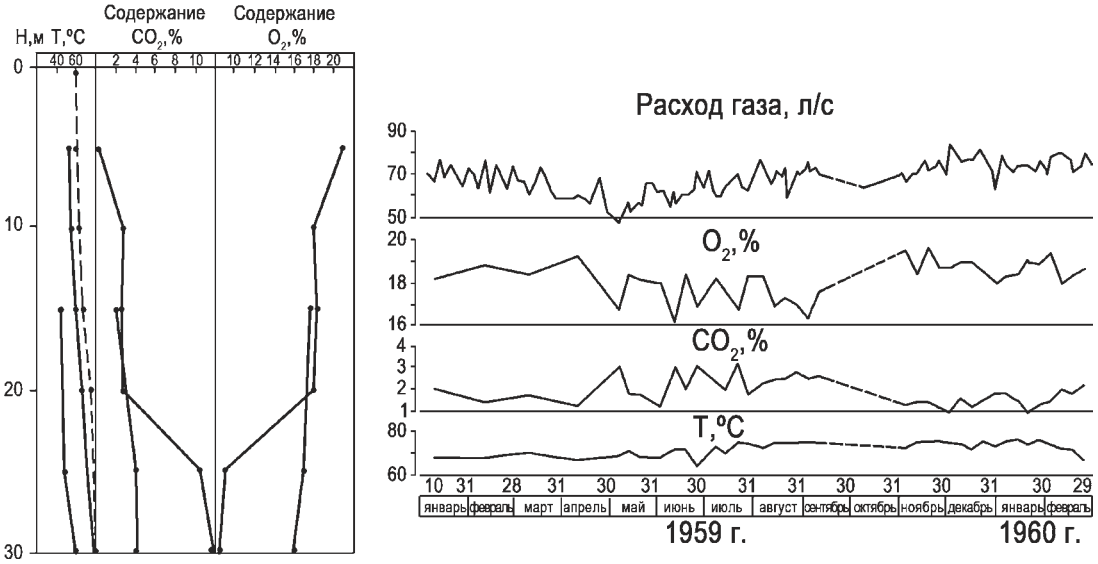


Рис. 29. Слева: соотношение температур, концентраций O_2 и CO_2 в каптажной скважине № 13-э на г. Янгантау. Цифры слева — глубины в м. Справа: соотношение дебита газа, температур, концентраций O_2 и CO_2 в зависимости от времени года (данные через каждые десять дней) в скважине № 4-К. По данным Г.Ф. Пилипенко и др., 1959 и 1961 гг.

Fig. 29. On the left: a relation of temperatures, concentrations of O_2 and CO_2 in captated borehole No 13-э inYangantau. The numbers on the left — depth in m. The picture on the right: a relation a gas discharge, temperatures, concentrations of O_2 and CO_2 in dependence of the season (the data after each 10 days) in the borehole No 4-K. After data of G.F. Pilipenko et al., 1959 and 1961.

0,8 г/дм^3) и HCO_3–SO_4–Mg–Ca состав. В газовом составе в высоких концентрациях (до 8,0 мг/л) присутствует O_2 (рис. 30).

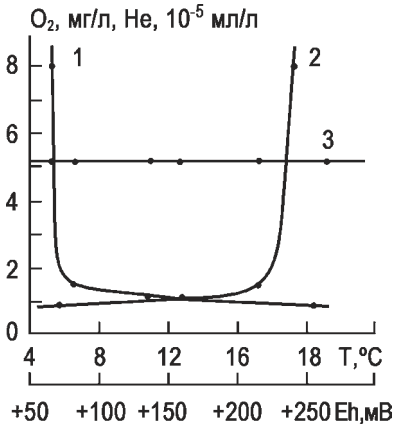


Рис. 30. Связь O_2 и He с T и Eh в водах Янгантауских источников
Линии: 1 — T, 2 — Eh, 3 — He.

Fig. 30. The relation of O_2 and He with T and Eh
The lines: 1 — T, 2 — Eh, 3 — He.

Низкие (фоновые) концентрации He в воде источников — (4,9–5,9)·10^{-5} мл/л — определенно свидетельствуют в пользу экзогенной природы уникальных газовых терм г. Янгантау [Абдрахманов, 2014]. На это также указывает и тот факт, что по мере роста T воды (6,0...18,5°C) наблюдается уменьшение содержания O_2 (8,0...1,5 мг/л) в связи с его расходованием на окислительные процессы. Легко видеть также, что He индифферентен к росту T, а кривые поведения T и Eh воды, соотнесенные с содержанием O_2, имеют зеркально противоположный характер: поглощение O_2 сопровождается закономерным снижением Eh (+240...+70 мВ).

Качественная модель феномена Янгантау

Несколько лет назад была предложена первая количественная модель феномена Янгантау, основанная на гипотезе образования тепла за счет трения в подошве шарьяжа, наличие которого предполагалось вблизи границы тандакской и янгантауской свит [Нигматулин и др., 1998]. Модель была рассчитана для однофазной системы (горная порода), исходя из предположения, что процесс надвигания продолжается в настоящее время (однако в реальности этого не могло быть, ибо в случае продолжения надвигания с предполагаемой скоростью 2 см в год стволы скважин, в которых производится мониторинг процесса, были бы срезаны). Расчеты производились из предположения о кондуктивном способе остывания, что при-

вело к очень оптимистическому прогнозу скорости остывания очага (0,1 градус/год) — и то в случае прекращения процесса надвигания. Приведенные выше данные не подтверждают столь упрощенной оценки процесса. Здесь имеет место многофазная система, в которой, помимо горных пород, участвуют и взаимодействуют также метеорные осадки, атмосферный воздух, водяной пар, смешанный с продуктами горения, битумы, содержащиеся в породе, и не только сгорающие, но и частично возгоняющиеся и переотлагающиеся в холодной зоне на периферии очага, а также, возможно, углеводороды, дополнительно подпитывающие горение (рис. 31). Создать математическую модель такой системы будет крайне затруднительно, так как в нее входят неизвестные компоненты (в частности, общий дебит газа и возможный подток углеводородов).

Аналогии с другими объектами

Уже говорилось о сходстве системы Янгантау с терриконами (Б.В. Чесноковым и его учениками [Чесноков, Щербакова, 1991 и др.] хорошо изучены терриконы Челябинского угольного бассейна). Температуры, возникающие при горении, здесь местами столь велики, что приводят к плавлению пород с образованием парабазальтов; плавятся и крупные железные детали, например, рельсы (эти явления демонстрируются в Минералогическом музее Ильменского Государственного Заповедника). Можно провести аналогии с районами естественного горения углей и горючих сланцев (Ангрен, Прибалтийский сланцевый бассейн и др.), с зоной экспериментальной газификации углей (Тула).

Горение неглубоко залегающих обогащенных органикой озерных отложений описано в районе Тимбукту в Северном Мали (Африка) [Svensen et al., 2003]. В этом районе процесс горения органического вещества, составляющего до 8% породы, идет при температурах до 830°С, вызывая плавление диатомита с образованием «даек», породообразующим минералом в которых является модификация кварца — кристобалит. Метаморфические породы условий высоких температур – низких давлений описаны также для многих случаев контактовых воздействий, когда образуются роговики [Ревердатто, 1970 и др.].

По своей геологической позиции горелики Янгантау близки также к формации Хатрурим Иудейской пустыни [Gross, 1977]. Эта пестроцветная формация образовалась за счет горения битумов в мергелях и меле формаций Такийя и Гареб верхнемелового – палеоценового возраста. Неизмененные породы во многих обнажениях битуминозны и местами могут рассматриваться как горючие сланцы (до 26% $C_{орг}$). Судя по присутствию высокотемпературных минералов, детально описанных в работе С. Гросса, температуры могли достигать 1000°С.

Янгантауская свита в части, доступной наблюдению, содержит значительно меньше битумов, чем в случае приведенных примеров, и как уже говорилось, для поддержания процесса их выгорания, возможно, требуется независимый источник горючего материала (приток горючего газа из разрушающегося месторождения углеводородов на значительной глубине?). Впрочем, никаких прямых доказательств этого не имеется.

Выводы

Находит дополнительные подтверждения гипотеза окисления/горения (в частности, особенности геологии гореликов и черных блоков; следы природного металлургического процесса). При этом в связи с относительно низким содержанием битумов вблизи термального очага допустимо (хотя и не строго обязательно) сделать предположение о подпитке процесса горения притоком углеводородов (газ?) за счет разрушающегося месторождения на глубине.

Есть основания предположить, что в близповерхностной зоне в момент температурного пика шел уникальный естественно-металлургический процесс типа доменного [Пучков и др., 2012].

Наблюдения за соотношением CO_2/O_2, присутствие в газопаровых источниках закиси углерода, водорода, продуктов окисления углеводородов, зависимость температуры и состава газов от сезонной интенсивности и направления ветров и др. свидетельствуют о конвективном способе остывания и заставляют рекомендовать пересмотр модели функционирования Янгантау в пользу ее трактовки как многофазной системы.

По приведенным наблюдениям скорость остывания газов превышает ранее высказывавшиеся оценки, что заставляет рекомендовать руководству курорта при долгосрочном планировании искать альтернативу газотермальным ваннам как основному лечебному средству или заранее разработать методику искусственной реанимации очага. Следует также обратить большее внимание на альтерна-

тивные бальнеологические ресурсы территории, связанные с особенностями природных источников в ближайшем окружении курорта (см. статью Р.Ф. Абдрахманова в данном выпуске журнала).

Авторы выражают благодарность академику Р.И. Нигматулину за содействие в организации и проведении исследований на начальном этапе; администрации курорта «Янган-Тау» в лице его бывших директоров И.Ш. Хурамшина и Р.Р. Бадретдинова, сотруднику курорта Р.А. Юсупову за постоянную помощь, Б.В. Чеснокову за консультации по геологическим процессам в терриконах, Т.П. Нишанбаеву и Ю.И. Муринову за содействие в получении анализов, А.П. Черникову, А.О. Полевой за техническое содействие. Выражаем благодарность также рецензентам первоначальных вариантов статей по проблеме Янгантау: Л.С. Табаксблату и Э.Ф. Емлину. Особую благодарность авторы выражают нынешней администрации курорта «Янган-Тау» и его директору А.Р. Акбашеву за финансовую поддержку данного выпуска нашего журнала с цветными иллюстрациями, посвященного Проекту «Геопарк Янган-Тау».

Работа проводилась по темам госзадания № 0252-2014-0002, № 0252-2014-0017, частично при поддержке гранта АНРБ и Проекта MinUrals.

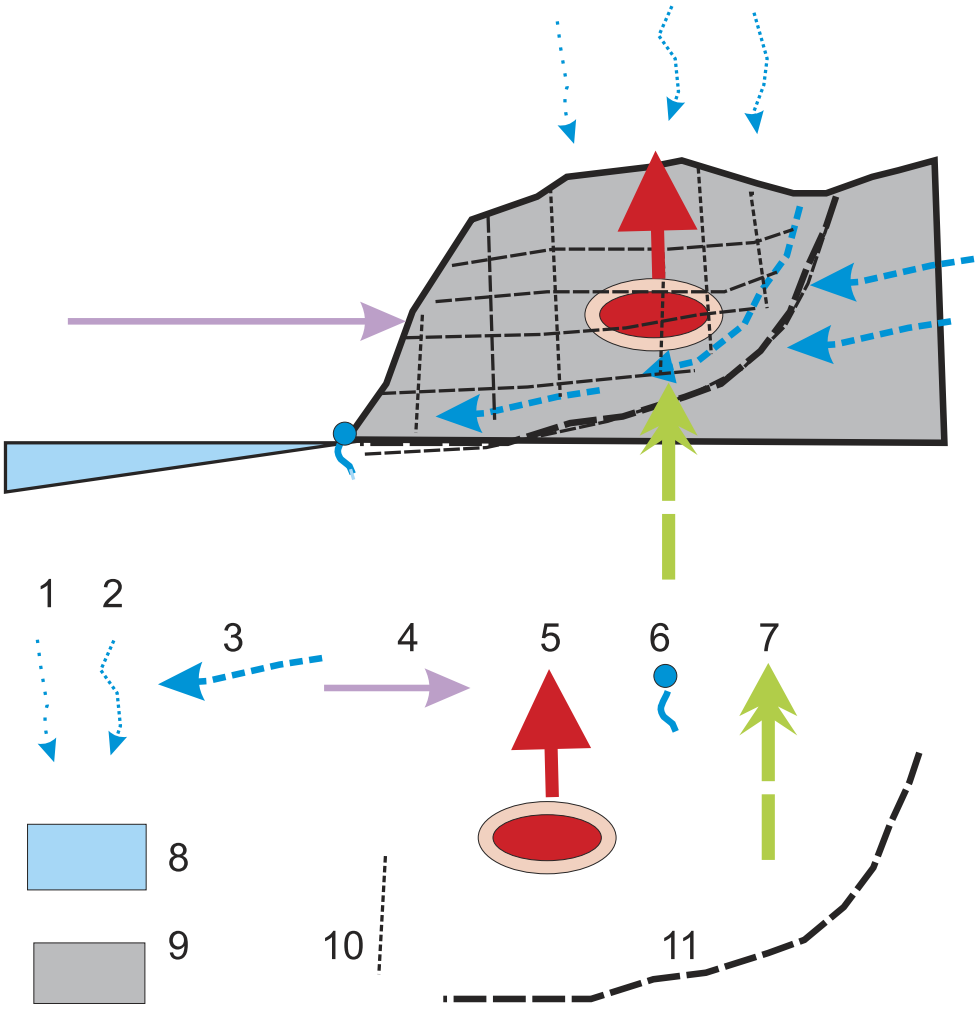


Рис. 31. Качественная модель многофазной газогенерирующей системы Янгантау

Условные обозначения: 1, 2 — метеорные осадки (1 — снег, 2 — дождь); 3 — подземные воды, 4 — ветер, 5 — очаг горения и горячие газы; 6 — родник; 7 — возможный подток горючего газа; 8 — вода реки; 9 — горный массив; 10 — сетка трещиноватости пород; 11 — трещина бортового отпора

Fig. 31. The qualitative model of the multi-phase gas-generative system of Yangantau

Legend: 1, 2 — meteoric precipitation (1 — snowfall, 2 — rainfall); 3 — underground waters; 4 — wind; 5 — center of burning and hot gases; 6 — spring; 7 — a probable supply of a hydrocarbon; 8 — water of the river; 9 — rock massif; 10 — the net of fractures; 11 — a board repulse fracture.

Литература:

Абдрахманов Р.Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. – Уфа: Гилем, 2014. – 416 с.

Вахрушев Г.В., Алкснэ А.Э., Ревенко Э.А. Новые данные о тектонике южной части Юрюзано-Сылвенской депрессии в Приуралье // Геотектоника. – 1968. – № 1. – С. 82–85.

Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвистнев А.Н. Юсфин Ю.С., Курунов И.Ф., Пареньков А.Е., Черноусов П.И. Металлургия чугуна / *Под ред. Ю.С. Юсфина*. – М.: Академкнига, 2004. – 774 с.

Дзенс-Литовский А.И. Гора Янгантау // Изв. Гос. Геогр. Об-ва. – 1935. – Т. LXVII, вып. 3. – С. 332–351.

Кисин А.Ю., Коротеев В.А., Сазонов В.Н. Проявление эруптивного магматизма на Уфимском плато // Докл. РАН. – 2002. – Т. 385, № 1. – С. 80–82.

Мезенин Н.А. Занимательно о железе. – М.: Металлургия, 1972. – 200 с.

Миронова О.Ф., Наумов В.Б., Салазкин А.Н. Азот в минералообразующих флюидах. Газохроматографическое определение при исследовании включений в минералах // Геохимия. – 1992. – № 7. – С. 979–991.

Наливкин В.Д. Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрюзано-Сылвенской депрессии – Л., 1939. – 205 с. – (Тр. ВНИИГИ; Нов.сер., Вып. 46).

Нигматулин Р.И., Казанцева Т.Т., Камалетдинов Р.И., Казанцев Ю.В., Бобохов А.С. Геология и генезис тепловых аномалий Янгантау. – Уфа: АН РБ, Отделение наук о Земле и экологии, 1998. – 71 с.

Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российского государства: Россия XVIII в. глазами иностранцев. – Л.: Лениздат, 1989. – 544 с.

Петровский В.А., Силаев В.И., Мартине М., Карфункель И., Сухарев А.Е. Флюидные фазы в карбонадо и их генетическая информативность // Геохимия. – 2008. – № 7. – С. 748–765.

Пилипенко Г.Ф. Предварительный отчет по подсчету эксплуатационных ресурсов термальных газов г. Янган-Тау (по работам 1958–1959 гг.) / Институт курортологии и физиотерапии. – М., 1960. – Т. 1. – 151 с.

Пилипенко Г.Ф. Геотермический режим и ресурсы термальных газов горы Янгантау в Башкирии // Геотермические исследования и использование тепла земли. – М.: Наука, 1966. – С. 304–310.

Пучков В.Н., Абдрахманов Р.Ф. Особенности газогидро-геотермальных явлений горы Янгантау и прилегающих территорий // Литосфера. – 2003. – № 4. – С. 65–77.

Пучков В.Н., Кисин А.Ю., Шанина С.Н. Природный доменный процесс на г. Янган-Тау, Южный Урал // Литосфера. – 2012. – № 5. – С. 166–172.

Ревердатто В.В. Фации контактового метаморфизма. – М.: Наука, 1970. – 263 с.

Штильмарк В.В. Экзогенная геотермальная аномалия горы Янган-тау в Западном Приуралье // Доклады к собранию Международной Ассоциации гидрогеологов. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – С. 310–314.

Фаттахутдинов С.Г., Конюхов А.И., Корчагина Ю.И., Акбашев Р.Ш. Генезис термальных явлений горы Янган-тау // Вопросы минералогии, геохимии и генезиса полезных ископаемых Южного Урала. – Уфа: БФАН СССР, 1982. – С. 110–116.

Хурамшин И.Ш. Формирование теплогенеративного процесса и лечебных факторов курорта Янган-Тау. – Уфа: Типография им. Дзержинского, 2007. – 361 с.

Чесноков Б.В., Щербакова Е.П. Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна. Опыт минералогии и техногенеза. – М.: Наука, 1991.– 152 с.

Gross S. The mineralogy of the Hatrurim formation, Israel // Geol. Surv. Israel, Bull. – 1977. –No 70. – 80 p.

Svensen H., Dysthe D.K., Bandlien E.H., Sacko S., Coulibaly H., Planke S. Subsurface combustion in Mali: refutation of the active volcanism in West Africa // Geology. – 2003. – V. 31, No 7. – P. 581–584.

References:

Abdrakhmanov R.F. Presnye podzemnye i mineral'nye lechebnye vody Bashkortostana [Sweet and mineral medical underground waters of Bashkortostan]. Ufa: Gilem, 2014. 416 p. (In Russian).

Chesnokov B.V., Scherbakova Ye.P. Mineralogija gorelyh otvalov Cheljabinskogo ugol'nogo bassejna. Opyt mineralogii i tehnogeneza [Mineralogy of burning waste heaps of the Chelyabinsk coal basin The experience in mineralogy and technogenesis]. M.: Nauka, 1991. 152 p. (In Russian).

Dzens-Litovsky A.I. Gora Jangantau [Yangan-Tau mountain] // Izvestia State geogr. Soc. 1935. LXVII, 3. P. 332–351 (In Russian).

Fattakhutdinov S.G., Konyukhov A.I., Korchagina,Yu.I., Akbashev R.Sh. Genezis termal'nyh javlenij gory Jangan-tau [The genesis of thermal phenomena of Yangantau mountain] // Voprosy mineralogii, geohimii i genezisa poleznyh iskopaemyh Juzhnogo Urala [The questions of mineralogy, geochemistry and genesis of raw materials of the Southern Urals]. Ufa: Bash. Branch of Ac.Sci. USSR, 1982. P. 110–116 (In Russian).

Gross S. The mineralogy of the Hatrurim formation, Israel // Geol. Surv. Israel, Bull. 1977. No 70. 80 p.

Kissin A.Yu., Koroteev V.A., Sazonov V.N. Projavlenie eruptivnogo magmatizma na Ufimskom plato [Manifestation of an eruptive magmatism on the Ufimian plateau] // Doklady Earth Sci. 2002. 385, No 1. P. 80–82 (In Russian).

Khuramshin I.Sh. Formirovanie teplogenerativnogo processa i lechebnyh faktorov kurorta Jangan-Tau [Formation of a heat-generating process and medical factors of the Yangantau resort]. Ufa: GUP IPK MVD RB "Dzerzhinsky" printing office, 2007. 61 p. (In Russian).

Mezenin N.A. Zanimatel'no o zheleze [Entertaining stuff about iron]. M.: Metallurgy, 1972. 200 p. (In Russian).

Mironova Yu.I., Naumov V.B., Salazkin A.N. Azot v mineraloobrazujushhih fljuidah. Gazohromatograficheskoe opredelenie pri issledovanii vkljuchenij v mineralah [Nitrogen in mineral-forming fluids. Gas-chromatographic determination in study of mineral inclusions] // Geochemistry. 1992, 7. P. 979–991 (In Russian).

Nalivkin V.D. Stratigrafija i tektonika Ufimskogo plato i Jurjuzano-Sylvenskoj depressii [The stratigraphy and tectonics of the Ufimian plateau and Yuryuzan-Sylva depression] // Transactions of the State Scientific Research Oil Institute. 1939. New ser., 46. 205 p. (In Russian).

Nigmatulin R.I., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.I, Kazancev Ju.V., Bobohov A.S. Geologija i genezis teplovyh anomalij Jangantau [Geology and genesis of heat anomalies of

Yangantau]. Ufa: Ac. Sci. RB, the Department of Earth sciences and ecology, 1998. 71 p. (In Russian).

Pallas P.S. Puteshestvie po raznym provincijam Rossijskogo gosudarstva [The travel in different provinces of Russian State] // Rossiya XVIII v. glazami inostrancev [Russia of the XVIII century in eyes of foreigners]. L.: Lenizdat, 1989. 544 p. (In Russian).

Petrovsky V.A., Silaev V.I., Martine M., Karfunkel' I., Sukharev A.Ye. Fljuidnye fazy v karbonado i ih geneticheskaja informativnost' [Fluid phases in carbonado and their genetic informativity] // Geochemistry. 2008. No 7. P. 748–765 (In Russian).

Pilipenko G.F. Predvaritel'nyj otchet po podschetu jeksploatacionnyh resursov termal'nyh gazov g. Jangan-Tau (po rabotam 1958–1959 gg.), t.1. Institut kurortologii i fizioterapii [A preliminary report on the calculation of exploitational resources of thermal gases of Yangantau mountain (after the works of 1958–1959 years). v.1. Institute of balneology and physiotherapy]. M., 1960. 151 p. (In Russian).

Pilipenko G.F. Geotermicheskij rezhim i resursy termal'nyh gazov gory Jangantau v Bashkirii [Geothermal regime and resources of the thermal gases of the Yangantau mountain in Bashkortostan] // Geotermicheskie issledovanija i ispol'zovanie tepla zemli [Geothermal studies and use of ground heat.]. Moscow, Nauka Publ., 1966. P. 304–310 (In Russian).

Puchkov V.N., Abdrakhmanov R.F. Osobennosti gazogidrogeotermal'nyh javlenij gory Jangantau i prilegajushhih territorij [Specific features of gashydro- and geothermal phenomena of Yangantau mountain and adjacent territories] // Lithosphere. 2003. No 4. P. 65–77 (In Russian).

Puchkov V.N., Kissin A. Yu., Shanina S.N. Prirodnyj domennyj process na g. Jangan-Tau, Juzhnyj Ural [The natural blast furnace process on the Yangantau mountain, Southern Urals] // Lithosphere. 2012. No 5. P. 166–172 (In Russian).

Reverdatto V.V. Facii kontaktovogo metamorfizma [The facies of contact metamorphism]. M.: Nauka, 1970. 263 p. (In Russian).

Stilmark V.V. Ekzogennaja geotermal'naja anomalija gory Jangan-tau v Zapadnom Priural'e [Exogenic geothermal anomaly of Yangantau mountain] // Doklady k sobraniju Mezhdunarodnoj Associacii gidrogeologov [Reports to the Meeting of the international Association of hydrogeologists]. M.: Gosgeoltekhizdat, 1960. P. 310–314 (In Russian).

Svensen H., Dysthe D.K., Bandlien E.H., Sacko S., Coulibaly H., Planke S. Subsurface combustion in Mali: refutation of the active volcanism in West Africa // Geology. 2003. V. 31, No 7. P. 581–584.

Vakhrushev G.V., Alksne A.E., Revenko E.A. Novye dannye o tektonike juzhnoj chasti Jurjuzano-Sylvenskoj depressii v Priural'e [New data on tectonics of the southern part of the Yuryuzan-Sylva depression in the Cis-Urals] // Geotectonics. 1968. No 1. P. 82–85 (In Russian).

Vegman E.F., Zherebin B.N., Pokhvistnev A.N., Yusfin Yu.S., Kurunov I.F., Paren'kov A.E., Chernousov P.I. Metallurgija chuguna [Metallurgy of cast iron] / *Yu.S. Yusfin (ed)*. M.: Akademkniga, 2004. 774 p. (In Russian).

Сведения об авторах:

Пучков Виктор Николаевич, член-корр. РАН, профессор, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: puchkv@ufaras.ru

Абдрахманов Рафил Фазылович, доктор геол.-мин. наук, профессор, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: hydro@ufaras.ru

Кисин Александр Юрьевич, доктор геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН), г. Екатеринбург. E-mail: kissin@igg.uran.ru

Шанина Светлана Николаевна, канд. геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИГ Коми НЦ УрО РАН), г. Сыктывкар, shanina@geo.komisc.ru

About the authors:

Puchkov Victor Nikolaevich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Professor, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: puchkv@ufaras.ru

Abdrakhmanov Rafil Fazylovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: hydro@ufaras.ru

Kisin Aleksandr Yurievich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, The Federal State Institution of Science the Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IGG UB RAS), Ekaterinburg. E-mail: kissin@igg.uran.ru

Shanina Svetlana Nikolaevna, Institute of Geology of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IG Komi SC UB RAS), Syktyvkar, shanina@geo.komisc.ru

УДК 550.8 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-4

ПАЛЕОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕГАЗАЦИИ НИЖНЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЙОНЕ ГОРЫ ЯНГАНТАУ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

© 2018 г. С. В. Мичурин, Р. Б. Бобохова

Реферат. Приводятся основные принципы метода термодегазации, позволяющего определять температуры эпигенетического прогрева и метаморфизма пород и минералов. Оцениваются достоинства и ограничения этого метода. Палеотемпературные исследования методом термодегазации нижнепермских отложений в районе г. Янгантау подтверждают представления о генетической связи тепловых проявлений в исследуемом районе с тектоникой, о большом энергетическом потенциале Юрюзанского сдвига. Делается вывод о древнем, послераннепермском возрасте этих явлений и об унаследованном характере современной тепловой аномалии г. Янгантау.
Ключевые слова: метод термодегазации, гора Янгантау, палеотемпература, эпигенетический прогрев

PALEOTEMPERATURE STUDIES BY THERMODEGASSING OF LOWER PERMIAN DEPOSITS IN THE REGION OF YANGANTAU OF THE SOUTHERN URALS

S. V. Michurin, R. B. Bobokhova

Abstract. The main principles of the thermodegassing method, allowing to determine the temperatures of epigenetic heating and metamorphism of rocks and minerals, are given. The advantages and limitations of this method are evaluated. Paleotemperature studies using the method of thermodegassing of the Lower Permian deposits in the region of Yangantau confirm the idea of a genetic relationship between the thermal manifestations in the region under study with tectonics, and the large energy potential of the Juruzan wrench fault. A conclusion is drawn about the ancient, post — Lower Permian age of these phenomena and the inherited nature of the modern thermal anomaly of Yangantau.
Key words: method of thermal degassing, Yangantau, paleotemperature, epigenetic heating

При разработке геодинамических и геоэнергетических моделей, исследованиях физико-химических условий тектогенеза, метаморфизма, магматизма и формирования месторождений полезных ископаемых одними из важнейших исходных параметров являются температурные данные. Для оценки температурных режимов тектоно-физических и физико-химических процессов прошлого обычно применяют разнообразные геотермометры, основанные на PT-диаграммах устойчивости минеральных парагенезисов, гомогенизации газово-жидких (флюидных) включений в минералах, зависимости отражательной способности витринита, окраски конодонтов и палиноморф от температуры прогрева, а также фазовом соотношении в минеральных системах. Однако все они имеют определенные, связанные с их спецификой ограничения и являются достаточно трудоемкими. Это в значительной мере затрудняет их использование в широкомасштабных исследованиях. В конце прошлого столетия талантливым геологом и исследователем А.С. Бобоховым в соавторстве с Р.Б. Бобоховой был предложен и разработан новый экспрессный достаточно эффективный метод определения температур эпигенетического прогрева и метаморфизма пород и минералов — метод термодегазации [Бобохов, Бобохова, 1990, 1997, 1998; Бобохов и др., 1993, 1994, 1995, 1996]. В 1997 г. ими с целью определения палеотемпературного режима эпигенеза верхнепалеозойских отложений была изучена термодегазация пород, развитых в районе курорта «Янган-Тау» [Нигматуллин и др., 1998; Бобохов, Бобохова, 1998]. Настоящая статья, основанная главным образом на этих и некоторых других публикациях А.С. Бобохова с соавторами, имеет своей целью осветить основные принципы метода термо-

дегазации, оценить его достоинства и ограничения и, в связи с возросшим интересом к феномену г. Янгантау, повторно привести результаты исследований термодегазации пород в этом районе.

Метод термодегазации основан на эмпирически установленной зависимости величины отношения относительных интенсивностей термодегазации пород и минералов при температурах 165 и 470°С (индекс термодегазации) от температур их образования, эпигенетического прогрева и метаморфизма [Бобохов, Бобохова, 1998]. По мнению авторов метода, термодегазация является одним из общих свойств минералов и представляет собой выделение при их нагревании летучих в виде отдельных импульсов, которое связано с десорбцией газов с расположенных на поверхности минеральных зерен активных центров. Это утверждение основывается на следующих установленных ими фактах.

1. При нагревании до 600°С термодегазация минералов и пород разного состава и генезиса имеет дискретный характер с близкими температурами начала ее главных импульсов (70, 165, 270, 370, 470, 570°С). Характер кривой термодегазации на диаграмме «давление газов – температура» принципиально одинаков для исследованных фторидов (флюорит, селлаит), окислов (кварц), карбонатов (кальцит, доломит, сидерит), сульфатов (барит) фосфатов (минералы группы апатита), силикатов (плагиоклаз, гранат, ставролит, биотит, серицит, глинистые минералы). Отличие заключается лишь в относительной интенсивности отдельных пиков.

2. Уменьшение размеров исследуемой фракции закономерно и пропорционально увеличивает интенсивность термодегазации во всех ее главных пиках.

3. Уже «отожженные» пробы, помещенные на сутки в воду или даже оставленные на воздухе, обнаруживают термодегазацию, по распределению на температурной шкале ее пиков практически не отличающуюся от первоначальной.

4. Для всех исследованных минералов и пород между величиной отдельных пиков отмечается корреляционная связь, по характеру которой пики разделяются на две группы: 1) 70, 165, 270, 370 и 2) 470, 570°С. Внутри групп связи значимые положительные (от 0,25 до 0,48); между пиками разных групп — сильная отрицательная корреляция (до –0,73).

Некоторые приведенные факты требуют пояснения. В частности, утверждение, касающееся того, что уменьшение размеров исследуемой фракции приводит к увеличению интенсивности термодегазации. Это было зафиксировано при изучении параллельных проб флюорита разных фракций [Бобохов, Бобохова, 1990, 1998]. В истертой пробе было установлено довольно значительное увеличение газовыделения по сравнению с раздробленными пробами до фракций 0,07–0,1; 0,25–0,5 и 0,25–1 мм. Однако, по-видимому, этот факт — частное явление, проявляющееся только во флюорите Суранского месторождения. Возможно, оно связано с тем, что флюорит этого месторождения содержит флюидные включения очень маленького размера, которые в пробах меньших фракций при нагреве легче взрываются и тем самым увеличивают в них газовыделение.

Одним из авторов настоящего сообщения при изучении пород рифейского возраста были получены результаты (табл. 1), показывающие, что в истертой пробе алевросланца по сравнению с раздробленной при их нагреве в вакууме происходит не увеличение, а напротив, уменьшение газовыделения [Мичурин и др., 2004]. Истирание, по всей вероятности, приводит к механическому уничтожению газово-жидких включений, поэтому интенсивность газовыделения истертой пробы при 190–455°С резко сокращается. Вместе с тем при температурах до 130 и свыше 470°С интенсивности газовыделения раздробленной и истертой проб практически одинаковы (см. табл. 1). Это указывает на связь газовыделения при этих температурах или с десорбцией газов с расположенных на поверхности минеральных зерен активных центров, или с какими-либо другими причинами, например, с разложением, дегидратацией или полиморфными превращениями минералов. Поэтому нельзя в полной мере согласиться с утверждением авторов метода термодегазации, что газовыделение при нагреве проб в вакууме связано «исключительно с сорбционными центрами» и, что «пики, связанные с растрескиванием газово-жидких включений, являются скорее экзотикой, чем правилом» [Бобохов, Бобохова, 1998, с. 48].

Вместе с тем обезоруживающим и трудно объяснимым с точки зрения обычно привлекаемых причин газовыделения (разрушение флюидных включений, разложение минералов и др.), является факт дегазации «отожженных» проб. В данном случае наиболее легким и логичным объяснением термодегазации «отожженных» проб, не отличающейся от исходной, безусловно является десорбция активных центров минералов.

Таблица 1

Сравнение интенсивностей газовыделения (усл. ед.) при нагреве в вакууме раздробленного (фракция 0,25–0,5 мм) и истертого образца м16 (по [Мичурин и др., 2004])

Table 1

Comparison of the intensities of gas evolution (conventional units) when heated in a vacuum in crushed (fraction 0.25–0.5 mm) and worn-out sample m16 (according to [Michurin et al., 2004])

Температура, °С	30–135	190–290	330–370	375–455	470–540	545–610	670–780
раздробленный	144,0	26,5	9,0	58,0	17,0	27,0	13,5
истертый	134,0	0,5	2,0	8,0	13,5	19,0	13,5

Авторы метода приводят весьма убедительные доказательства энергетической основы явления термодегазации [Бобохов, Бобохова, 1990, 1998]. Ее причиной является разрушение кислородного дырочного центра (O^-), уверенно диагностируемого методом электронно-парамагнитного резонанса в радикалах минералов самого разного состава, энергетический спектр которого можно исследовать с помощью термолюминесценции [Марфунин, 1975]. Исследование адсорбции газов кристаллами и их люминесценции показали тесную взаимосвязь этих процессов [Соколов, Горбань, 1969]. Опираясь на результаты детальных исследований этих явлений на примере кислых вулканитов и их фенокристаллов, авторы методики пришли к выводу, что термодегазация, также как и термолюминесценция, является энергетической характеристикой кислородных центров (рис. 1а). Кроме того, была исследована термодегазация пород и минералов разного состава, температуры образования и преобразования которых определялись независимыми методами: окраска конодонтов, отражательная способность витринита, гомогенизация газово-жидких (флюидных) включений, гранат-биотитовый и гранат-ставролитовый методы и некоторые другие [Бобохов, Бобохова, 1998]. Оказалось, что между относительными интенсивностями отдельных пиков при термодегазации и установленными перечисленными методами температурами существует слабая корреляционная связь: отрицательная — для пиков 70, 165 и 370°С и положительная — для 470°С. Отчетливая, хорошо описываемая экспонентой, отрицательная зависимость от температур образования или преобразования минералов

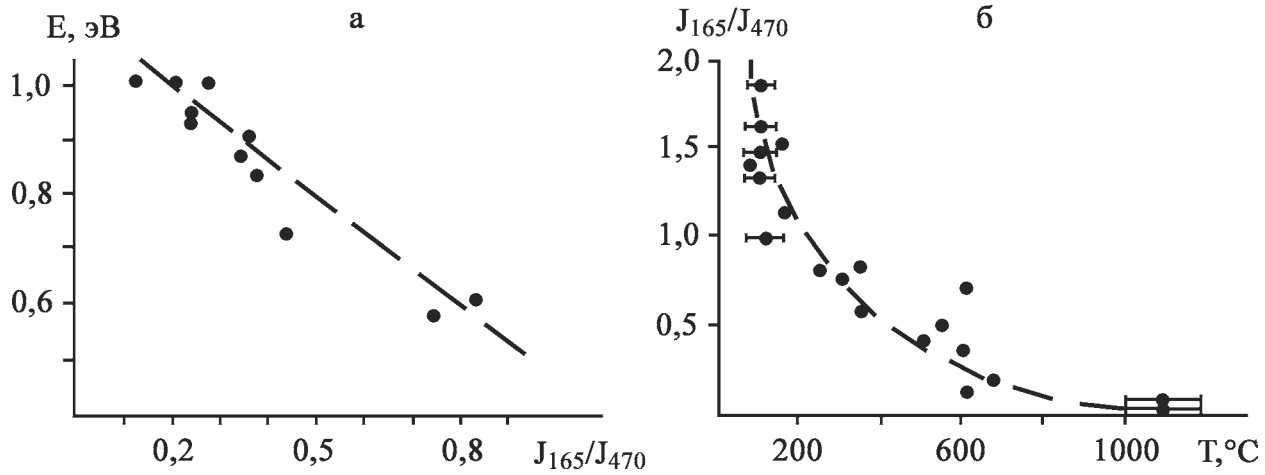


Рис. 1. Связи между отношением J_{165}/J_{470} в кислых вулканитах и энергией центра O^- в их фенокристаллах кварца (а) и между J165/J470 пород и минералов различного состава и температурами их образования, эпигенетического прогрева и метаморфизма (б) по [Бобохов, Бобохова, 1998]

Fig. 1. Relations between the J_{165}/J_{470} ratio in acidic volcanics and the energy of the O^--center in their quartz phenocrysts (a) and between rocks and minerals of different composition and temperatures of their formation, epigenetic heating and metamorphism (b) according to [Bobokhov, Bobokhova , 1998]

обнаружилась для отношения J_{165}/J_{470} (рис. 1б). Она характеризует, по мнению авторов методики, соотношение «антагонистических» энергетических уровней в спектре кислородного дырочного центра — более высокие температуры стимулируют появление в нем уровней захвата с большей энергией активации. Используя калибровочный график, построенный по уравнению регрессии, можно, таким образом, судить о палеотемпературах. Точность метода, как признают его авторы, сравнительно невысока (±100°). Однако его неоспоримыми достоинствами являются: возможность палеотемпературного анализа тогда, когда другие методы в силу разных причин не могут быть применены, и сравнительная простота определения палеотемпературной зональности.

Вместе с тем, на наш взгляд, требуется определенная осторожность в интерпретации получаемых методом термодегазации данных. Необходимо учитывать, что при нагреве пород в вакууме газовыделение может происходить в силу разных причин, обусловленных не только десорбцией газов с расположенных на поверхности минеральных зерен активных центров, но и разрушением флюидных включений, или в результате разложения, дегидратации или полиморфных превращений минералов. Так, например, разложение карбонатных минералов может влиять на характер кривой газовыделения. Их температуры разложения относительно велики и для наиболее распространенных кальцита и доломита составляют порядка 800–900°С, однако, по нашим данным, газовыделение в вакууме из $CaCO_3$, приготовленного химическим способом, начинается уже при 360°С. По данным, приводимым в работе А.А. Пащенко с соавторами [1975], диссоциация магнезита начинается уже при 400°С. Из этого следует, что перед использованием метода термодегазации необходимо проведение мероприятий, направленных на более тщательную диагностику природы газовыделения и отбраковку пиков, не связанных с десорбцией газов с активных центров.

В районе г. Янгантау методом термодегазации было изучено 65 образцов осадочных пород преимущественно раннепермского возраста (табл. 2). Литологически породы представлены в основном

Таблица 2

Термодегазация пермских отложений района г. Янгантау и температура их эпигенеза (по [Нигматулин и др., 1998])

Table 2

Thermodegradation of the Permian deposits of the Yangantau resort area and the temperature of their epigenesis (according to [Nigmatulin et al., 1998])

№ п/п	№ обр.	Порода	Относительная интенсивность пиков термодегазации (J)					J_{165}/J_{470}	T, °C
			70°	165°	270°	370°	470°		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Я-1	известняк	38,7	13,7	13,7	24,5	17,1	0,8	350,0
2	Я-1	известняк кремнистый	60,0	10,2	10,2	15,3	8,1	1,3	150,0
3	Я-2	известняк	62,0	10,9	10,9	13,9	3,5	3,1	<100,0
4	Я-2	известняк	54,0	12,6	12,6	20,3	5,6	2,2	<100,0
5	Я-3	мергель	75,9	8,9	8,9	8,9	2,6	3,4	<100,0
6	Я-4	известняк	61,0	7,0	7,0	21,0	2,8	2,5	<100,0
7	Я-5	известняк	61,6	8,2	8,2	13,5	6,7	1,2	200,0
8	Я-6	известняк кремнистый	70,6	3,6	3,6	19,0	3,6	1,0	250,0
9	Я-7	мергель	74,7	12,3	12,3	2,4	3,3	3,7	<100,0
10	Я-8	известняк	69,0	16,6	16,6	8,6	3,3	5,0	<100,0
11	Я-9	мергель	50,2	7,9	7,9	23,8	10,5	0,8	390,0
12	Я-10	известняк	50,9	14,8	14,8	19,4	9,7	1,5	100,0
13	Я-11	известняк глинистый	55,5	13,8	13,8	16,2	6,9	2,0	100,0
14	Я-12	известняк	41,0	5,5	5,5	43,0	4,6	1,2	200,0
15	Я-13	известняк	57,8	11,0	11,0	21,5	4,2	2,6	<100,0
16	Я-14	мергель	59,9	3,1	3,1	24,0	5,7	0,5	490,0
17	Я-15	мергель	42,6	17,0	17,0	30,0	8,5	1,9	<100,0
18	Я-16	известняк	59,0	9,5	9,5	19,0	8,1	1,2	200,0

Таблица 2 (окончание)

Table 2 (end)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	Я-17	известняк	49,7	13,9	13,9	20,9	12,1	1,1	200,0
20	Я-18	известняк	50,8	11,2	11,2	24,0	7,9	1,4	100,0
21	Я-19	мергель	64,8	16,2	16,2	6,4	12,4	1,3	150,0
22	Я-20	мергель	61,6	11,1	11,1	19,4	3,9	2,8	<100,0
23	Я-21	известняк	66,3	11,2	11,2	15,3	5,1	2,1	<100,0
24	Я-22	мергель	46,3	7,7	7,7	33,5	7,2	1,1	220,0
25	Я-23	известняк	46,8	10,6	10,6	17,0	6,4	1,6	100,0
26	Я-24	известняк	75,0	9,7	9,7	8,7	2,4	3,9	<100,0
27	Я-25	мергель	59,0	2,5	2,5	31,2	4,2	0,6	450,0
28	Я-26	доломит	76,7	9,6	9,6	7,3	2,8	3,4	<100,0
29	Я-27	известняк мраморовидный	37,0	13,1	13,1	22,8	17,1	0,8	350,0
30	Я-29	известняк	65,0	3,5	3,5	20,0	7,5	0,5	500,0
31	Я-30	известняк	52,0	11,5	11,5	18,4	9,8	1,2	200,0
32	Я-31	мергель	71,0	7,6	7,6	12,6	4,6	1,6	100,0
33	Я-32	известняк	57,0	7,2	7,2	24,2	6,0	1,2	200,0
34	Я-33	известняк	68,0	7,5	7,5	15,5	5,0	1,5	100,0
35	Я-35	известняк	62,0	12,4	12,4	17,4	5,0	2,5	<100,0
36	Я-36	мергель	55,0	11,0	11,0	19,0	8,6	1,3	180,0
37	Я-37	мергель	69,0	4,3	4,3	13,4	3,2	1,3	150,0
38	Я-38	мергель	59,0	2,9	2,9	26,7	7,1	0,4	600,0
39	Я-39	мергель	60,0	4,4	4,4	2,4	4,8	0,9	300,0
40	Я-40	мергель	72,0	5,3	5,3	11,0	5,3	1,0	250,0
41	Я-41	мергель	60,0	10,0	10,0	11,0	13,9	0,7	400,0
42	Я-42	мергель	40,0	6,0	6,0	40,9	8,6	0,7	400,0
43	Я-43	мергель	59,0	8,8	8,8	23,6	5,3	1,6	100,0
44	Я-44	известняк	68,0	10,5	10,5	14,7	3,7	2,8	<100,0
45	Я-45	известняк	55,0	8,4	8,4	22,4	5,6	1,5	100,0
46	Я-46	мергель	58,0	15,0	15,0	16,0	7,4	2,0	<100,0
47	Я-47	мергель	64,0	5,4	5,4	19,7	6,4	0,8	300,0
48	Я-48	известняк	73,0	8,5	8,5	11,3	3,4	2,5	<100,0
49	Я-49	кремнистая порода	57,0	8,9	8,9	23,0	5,2	1,7	100,0
50	Я-50	известняк	53,6	14,0	14,0	19,7	9,6	1,5	100,0
51	Я-52	мергель	41,0	18,5	18,5	18,5	9,2	2,0	<100,0
52	Я-53	известняк	54,0	5,4	5,4	32,0	3,4	1,6	100,0
53	Я-54	известняк	54,0	19,0	19,0	13,7	10,6	1,7	100,0
54	Я-55	известняк кремнистый	45,0	8,3	8,3	25,8	14,8	0,6	450,0
55	Я-56	известняк	50,5	8,4	8,4	28,0	4,5	1,8	<100,0
56	Я-57	мергель	64,0	8,4	8,4	17,4	3,5	2,4	<100,0
57	Я-58	мергель	48,6	5,4	5,4	22,5	5,4	1,0	250,0
58	Я-59	мергель	67,0	13,4	13,4	11,8	3,7	3,6	<100,0
59	Я-60	мергель	46,5	2,4	2,4	36,7	4,4	0,5	500,0
60	Я-62	известняк	47,0	4,5	4,5	29,2	5,4	0,8	350,0
61	Я-63	известняк	40,7	10,8	10,8	16,3	24,4	0,4	550,0
62	Я-64	известняк кремнистый	49,5	7,4	7,4	27,2	5,9	1,3	200,0
63	Я-65	известняк	58,0	7,9	7,9	10,6	4,2	1,8	<100,0
64	1502	известняк	59,2	7,0	7,0	22,0	8,2	0,9	320,0

известняками и мергелями, отмечаются прослои глинистых и кремнистых известняков. При их нагреве в вакууме не фиксируется зависимости увеличения интенсивности дегазации от литологического состава. Анализ показывает, что в ряду «мергель – глинистый известняк – известняк» не происходит увеличения газовыделения при температуре свыше 360°С. Это указывает на отсутствие вклада в газовую составляющую, связанного с разложением карбонатных минералов. Из этого следует, что полученными данными можно сравнительно корректно оперировать в целях установления температур эпигенетического прогрева этих отложений. В результате удалось установить основные тенденции в латеральном распределении палеотемператур их эпигенетических преобразований (рис. 2). Так, несомненной выглядит пространственная связь палеотемпературной зональности с основными разрывными структурами района: фронтальной частью Месягутовской пластины и ее сочленением с Каратауским аллохтоном по Юрюзанскому сдвигу. Эти структуры отчетливо влияют на простирание изолиний величины отношения J_{165}/J_{470} и размещение локальных палеотемпературных аномалий (гг. Янгантау, Кантунтау и Куткантау, источника Кургазак, дд. Ахунова, Мечетлино и Махмутово). На фоне прогрева до 100°С в пределах отдельных аномалий палеотемпе-

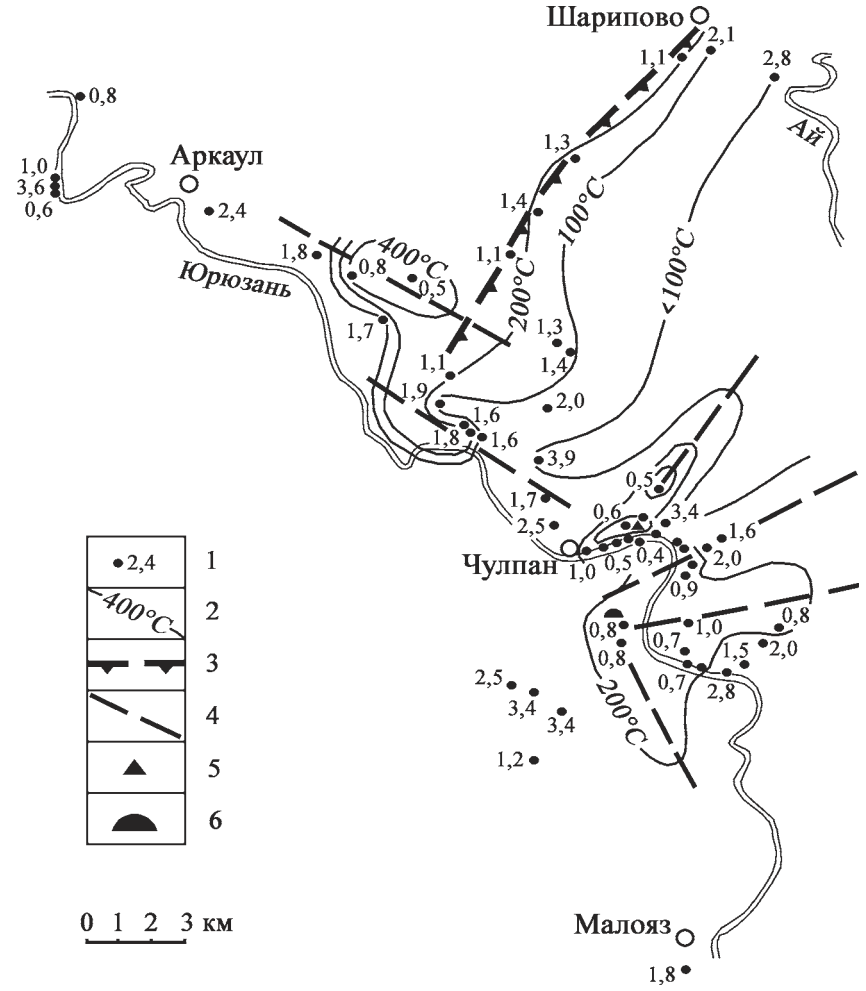


Рис. 2. Палеотемпературная зональность нижнепермских отложений района г. Янгантау (по [Нигматулин и др., 1998], с небольшими изменениями)

Условные обозначения: 1 — точки отбора проб и их значения J_{165}/J_{470}; 2 — изотермы эпигенетического прогрева; 3 — Месягутовский надвиг; 4 — предполагаемые разрывные нарушения по искажениям изотерм; 5–6 — источники: 5 — Янгантау, 6 — Кургазак.

Fig. 2. Paleotemperature zoning of the Lower Permian deposits of the Yangantau region (according to [Nigmatulin et al., 1998] with minor changes)

Legend: 1 — sampling points and their values J_{165}/J_{470}; 2 — isotherms of epigenetic warming up; 3 — Mesyagutovo thrust; 4 — alleged discontinuous violations due to distortions of isotherms; 5–6 — sources: 5 — Yangantau, 6 — Kurgazak.

ратуры возрастают до 500±100°С. Принципиально такая же картина вырисовывается и по распределению на исследованной площади значений отдельных интенсивностей пиков 70, 165 и 470°С.

Размещение локальных аномалий и флексурообразных изгибов изолиний показывает, что Юрюзанский сдвиг представляет собой довольно широкую зону, состоящую из более мелких нарушений [Бобохов, Бобохова, 1998]. Достаточно сложным выглядит строение палеотемпературной аномалии, объединяющей горы Янгантау и Кактунтау и субтермальный источник Кургазак. Конфигурация изолиний коэффициента термодегазации свидетельствует, что она распадается на ряд веерообразно расположенных в плане структур более высокого порядка. По всей вероятности, они являются разломами, производными от Юрюзанского сдвига.

Таким образом, палеотемпературные данные подтверждают представления о генетической связи тепловых проявлений в исследуемом районе с тектоникой, о большом энергетическом потенциале Юрюзанского сдвига и о сложном тектоническом взаимодействии Каратауского аллохтона и Юрюзано-Сылвенской депрессии. Бесспорным выглядит и вывод о древнем, послераннепермском возрасте этих явлений и об унаследованном характере современной тепловой аномалии г. Янгантау.

Литература:

Бобохов А.С., Бобохова Р.Б. Выявление палеогидротермальных зон с целью прогноза золото-сульфидного оруденения (на примере северной части Магнитогорского мегасинклинория Южного Урала) // Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр / ВИЭМС. – М., 1990. – С. 19–25.

Бобохов А.С., Бобохова Р.Б. Термодегазация минералов и пород как палеотермометр // Тепловое поле Земли и методы его изучения. – М.: Изд-во РУДН, 1997. – С. 99–101.

Бобохов А.С., Бобохова Р.Б. Термодегазация минералов как индикатор тепловых процессов в земной коре // Геология. Известия Академии наук Республики Башкортостан, № 2. – Уфа, 1998. – С. 48–59.

Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Горожанин В.М., Мичурин С.В. Термогазогеохимические и изотопные поисковые критерии колчеданного и золото-сульфидного оруденения (на примере месторождений Башкортостана): Препринт. – Уфа, 1993. – 23 с.

Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Горожанин В.М., Мичурин С.В. Термогазогеохимические и изотопные методы поисков гидротермального оруденения // Геология и минерально-сырьевые ресурсы республики Башкортостан. – Уфа: УНЦ РАН, 1994. – С. 64–66.

Бобохов А.С, Бобохова Р.Б., Мичурин С.В., Горожанин В.М. Этапность гидротермального процесса и поиски золотосульфидного оруденения // Познание, освоение и сбережение недр республики Башкортостан. – Уфа: АН РБ, 1995. – С. 16–17.

Бобохов А.С., Бобохова Р.Б., Мичурин С.В. Термодегазация пород и минералов — эффективный метод поисков гидротермального оруденения // Познание, освоение и сбережение недр республики Башкортостан. – Уфа: АН РБ, 1996. – С. 18.

Марфунин А.С. Спектроскопия, люминесценция и радиационные центры в минералах. – М.: Недра, 1975. – 327 с.

Мичурин С.В., Ковалев С.Г., Черникова Т.И. Изотопные и термобарогеохимические особенности углеродисто-глинистых сланцев в сложнодислоцированных зонах западного склона Южного Урала // Геологический сборник № 4 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2004. – С. 130–136.

Нигматулин Р.И., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Бобохов А.С. Геология и генезис тепловых аномалий горы Янган-Тау: Докл. Отд. наук о Земле и экологии АН РБ. – Уфа: АН РБ, 1998. – 71 с.

Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы / *Под ред. проф. А.А. Пащенко*.– Киев, Вища школа, 1975. – 443 с.

Соколов В.А., Горбань А.Н. Люминесценция и адсорбция. – М. Наука, 1969. – 187 с.

References:

Bobokhov A.S., Bobokhova R.B. Vyjavlenie paleogidrotermal'nyh zon s cel'ju prognoza zoloto-sul'fidnogo orudenenija (na primere severnoj chasti Magnitogorskogo megasinklinorija Juzhnogo Urala) [Identification of paleo-hydrothermal zones for the purpose of predicting gold-sulfide mineralization (on the example of the northern part of the Magnitogorsk megasinclonorium of the Southern Urals)] // Nauchno-tehnicheskie dostizhenija i peredovoj opyt v oblasti geologii i razvedki nedr [Scientific and technical achievements and best practices in the field of geology and exploration of mineral resources]. M.: Nedra press, 1990, P. 19–25 (In Russian).

Bobokhov A.S., Bobokhova R.B. Termodegazacija mineralov i porod kak paleotermometr [Thermodegassing of minerals and rocks as paleothermometer] // Teplovoe pole Zemli i metody ego izuchenija [The Earth's thermal field and methods of its study]. M.: RUDN, 1997. P. 99–101 (In Russian).

Bobokhov A.S., Bobokhova R.B. Termodegazacija mineralov kak indikator teplovyh processov v zemnoj kore [Thermodegassing of minerals as an indicator of thermal processes in the earth's crust] // Geologija. Izvestija Akademii nauk Respubliki Bashkortostan [Geology. Izvestiya of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, 1998. No 2. P. 48–59 (In Russian).

Bobokhov A.S., Bobokhova R.B., Gorozhanin V.M., Michurin S.V. Termogazogeohimicheskie i izotopnye poiskovye kriterii kolchedannogo i zoloto-sul'fidnogo orudenenija (na primere mestorozhdenij Bashkortostana) [Thermogas geochemical and isotopic search criteria of pyrite and gold-sulfide mineralization (on the example of Bashkortostan deposits)]: Preprint. Ufa, 1993. 23 p. (In Russian).

Bobokhov A.S., Bobokhova R.B., Gorozhanin V.M., Michurin S.V. Termogazogeohimicheskie i izotopnye metody poiskov gidrotermal'nogo orudenenija [Thermogas geochemical and isotopic methods of searches for hydrothermal mineralization] // Geologija i mineral'no-syr'evye resursy respubliki Bashkortostan [Geology and mineral resources of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: UNC RAN, 1994. P. 64–66 (In Russian).

Bobokhov A.S, Bobokhova R.B., Michurin S.V., Gorozhanin V.M. Etapnost' gidrotermal'nogo processa i poiski zolotosul'fidnogo orudenenija [Stages of the hydrothermal process and the search for gold sulfide mineralization] // Poznanie, osvoenie i sberezhenie nedr respubliki Bashkortostan [Cognition, development and conservation of the bowels of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: AN RB, 1995. P. 16–17 (In Russian).

Bobokhov A.S, Bobokhova R.B., Michurin S.V. Termodegazacija porod i mineralov — effektivnyj metod poiskov gidrotermal'nogo orudenenija [Thermodegassing of rocks and minerals is an effective method of searching for hydrothermal mineralization] // Poznanie, osvoenie i sberezhenie nedr respubliki Bashkortostan [Cognition, development and conservation of the bowels of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: AN RB, 1996. 18 p. (In Russian).

Marfunin A.S. Spektroskopija, ljuminescencija i radiacionnye centry v mineralah [Spectroscopy, luminescence and radiation centers in minerals]. M.: Nedra, 1975. 327 p. (In Russian).

Michurin S.V., Kovalev S.G., Chernikova T.I. Izotopnye i termobarogeohimicheskie osobennosti uglerodisto-glinistyh slancev v slozhnodislocirovannyh zonah zapadnogo sklona Juzhnogo Urala [Isotope and thermobarogeochemical features of carbonaceous shales in the complexly dislocated zones of the western slope of the Southern Urals] // Geologicheskij sbornik No 4. Informacionnye materially [Geological collection No 4. Information materials]. Ufa: DizajnPoligrafServis, 2004. P. 130–136 (In Russian).

Nigmatulin R.I., Kazanceva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazancev Ju.V., Bobokhov A.S. Geologija i genezis teplovyh anomalij gory Jangan-Tau: Doklad Otdeleniju nauk o Zemle i ekologii AN RB [Geology and genesis of thermal anomalies of Mount Yangan-Tau: Report to the Department of Earth Sciences and Ecology of the Academy of Sciences of the Republic of Belarus]. Ufa: AN RB, 1998. 71 p. (In Russian).

Pashhenko A.A., Serbin V.P., Starchevskaja E.A. viazhushchie materialy [Cementing materials] / A.A. Pashhenko (ed.). Kiev: Vishha shk., 1975. 443 p. (In Russian).

Sokolov V.A., Gorban' A.N. Ljuminescencija i adsorbcija [Luminescence and adsorption]. M.: Nauka, 1969. 187 p. (In Russian).

Сведения об авторах:
Мичурин Сергей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). E-mail: s_michurin@mail.ru
Бобохова Роза Билаловна, свободный исследователь

About the authors:
Michurin Sergey Vasilevich, PhD in Geologo-mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS). E-mail: s_michurin@mail.ru
Bobokhova Roza Bilalovna, free researcher

УДК 556.3:628.1+553.7 (470.57) http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-5

МИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ РАЙОНА КУРОРТА «ЯНГАН-ТАУ»

© 2018 г. Р. Ф. Абдрахманов

Реферат. В статье анализируются формирование и ресурсы минеральных лечебных вод района курорта «Янган-Тау». Для водоснабжения и в лечебных целях в санатории широко используется источник «Кургазак» с минерализацией воды 0,5 г/л, гидрокарбонатного магниево-кальциевого состава с содержанием радона и повышенной температурой (15–16°С).
Для дальнейшего расширения курортных ресурсов санатория в лечебных целях вполне перспективными являются также Куселяровские сероводородные источники, расположенные в 20–23 км западнее санатория «Янган-Тау» в основании горы Куткантау. Химический состав воды гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниево-натриево-кальциевый с минерализацией 0,6–0,9 г/л. Наблюдается также присутствие микроэлементов: йода, брома, бора, фтора и др. Значительные ресурсы Куселяровских сероводородных источников в перспективе могут использоваться как лечебно-столовые минеральные воды курорта «Янган-Тау».
Ключевые слова: ресурсы минеральных вод, курорт «Янган-Тау», источник «Кургазак», радоновые воды, Куселяровские источники

THE MINERAL SPRINGS OF THE RESORT «YANGAN-TAU»

R. F. Abdrakhmanov

Abstract. The article analyzes the formation and resources of the mineral therapeutic waters of the resort "Yangan-Tau". For water supply and therapeutic purposes in the sanatorium is widely used source "Kurgazak" with mineralization of water 0.5 g/l, bicarbonate magnesium-calcium composition with radon content and high temperature (15–16°C).
To further expand the resort facilities of the sanatorium for therapeutic purposes, Kuselyarovskiye hydrogen sulfide springs located 20–23 km west of the sanatorium "Yangan-Tau" at the base of the Kutkantau mountain are also quite promising. The chemical composition of water is hydrocarbonate-sulphate-chloride magnesium-sodium-calcium with a mineralization of 0.6–0.9 g/l. There is also the presence of trace elements: iodine, bromine, boron, fluorine, etc. Significant resources of Kuselarovsky hydrogen sulfide springs in the future can be used as therapeutic and table mineral waters of the resort "Yangan-Tau".
Key words: mineral water resources, "Yangan-Tau" resort, "Kurgazak" spring, radon waters, Kuselyarovskie springs

Введение

Курорт «Янган-Тау» находится на высоте 413 м над уровнем моря, на правом крутом борту долины р. Юрюзань, превышение от уреза воды 150–170 м.

Климат района курорта континентальный, среднегодовая температура воздуха около +1,9°С (января –26,1°С, а июля +18°С). Среднегодовая сумма осадков составляет 680 мм (60% выпадает в теплое время года). Влажность воздуха колеблется от 70–80% (август – март) до 30–45% (май – июнь). Ионизация воздуха, составляющая в ранние часы П± = 950, а в полдень П± = 1697 [Акбашев, 1986], сравнима с курортами Крыма и Кавказа. В целом территория санатория «Янган-Тау» по медико-климатическим условиям [Поволоцкая, 1989] относится к благоприятным для организации климатолечения [Абдрахманов, 2014]. Для водоснабжения и в лечебных целях в санатории широко используется источник Кургазак. Для дальнейшего расширения курортных ресурсов санатория в лечебных целях вполне перспективными являются также Куселяровские сероводородные источники.

Результаты исследований

Источник Кургазак — один из наиболее известных в Предуралье — находится в 2,8 км южнее санатория «Янган-Тау» на левом склоне долины

р. Юрюзань. Он приурочен к интенсивно дислоцированным известнякам нижнего карбона. В 50–80 м от источника они контактируют по тектоническому нарушению, относящемуся к зоне Юрюзанского сдвига, с нижнепермскими (янгантаускими) отложениями.

Источник восходящего типа в виде нескольких мощных грифонов, рассредоточенных на 30 м вдоль правого борта оврага, рассекающего левый склон долины р. Юрюзань. Дебит отдельных выходов колеблется от 5 до 25, а суммарный достигает 120 л/с. Температура воды в разных выходах от 14,7°С до 15,5°С. Гидрогеохимический режим источника относительно стабильный, что видно из следующей формулы и таблицы:

$$N_2 Rn\,5{,}4-6{,}3 M\ 0{,}5\,\frac{HCO^3 81-86\ SO^4 9-10\ Cl 3-6}{Ca\,55-58\ Mg\,32-41\ Na\,4-11}\ pH\ 6{,}9 Eh+90.$$

В воде установлены органические вещества (преимущественно гумусовые) в количестве до 10 мг/л. Присутствует радон (14,9–17,2 ед. Махе[1], или 5,4–6,3 нСu/л), благодаря чему она используется в санатории «Янган-Тау» как лечебно-столовая (ГОСТ Р54316-2011).

По вопросу о происхождении радонового источника Кургазак (и термальных явлений в районе горы Янгантау, расположенной в 2,5 км от него) существуют различные гипотезы [Вахрушев, 1961; Гидрогеология СССР, 1972; Пучков, Абдрахманов, 2003; и др.]. При выяснении его, помимо данных общегеологического характера, следует учитывать следующие обстоятельства: 1) невысокую минерализацию воды (0,5 г/л), ее гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав, слабо повышенное содержание хлора (до 25 мг/л)[2]; 2) бессульфидный состав водорастворенных газов, положительную (но невысокую) величину окислительно-восстановительного потенциала (+90 мВ), характерную для вод переходной окислительно-восстановительной обстановки; 3) повышенную температуру (15–16°С); 4) повышенные и стабильные содержания гелия — $(30–37)\cdot10^{-5}$ мл/л и радона — 14,9–17,2 ед. Махе [Абдрахманов, 2007, 2014; Абдрахманов, Попов, 1999].

Указанная совокупность термогеохимических параметров наиболее полно, по нашему мнению, может быть учтена гидрогеодинамической схемой, предусматривающей формирование подземных вод, питающих источник Кургазак, на глубинах 600–800 м в каменноугольных – девонских отложениях. При этом открытой областью питания (инфильтрации) его служат выходы на поверхность

Таблица

Геохимическая характеристика минеральных источников района курорта «Янган-Тау»

Table

Geochemical characteristics of mineral springs in the resort area of “Yangan-Tau”

№ скв. по рис. 2	T°C	Минерализация, г/л	Ингредиенты, мг/л, %моль						pH / Eh мВ	H_2S / O_2, мг/л	He·10^{-5}, мл/л
			HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^++K^+			
Источник Кургазак											
	16,5	0,5	351,0 / 84,2	32,5 / 10,0	14,2 / 5,8	76,2 / 55,5	34,0 / 40,9	5,8 / 3,6	6,9 / +90	н.о. / 2,0	30,5
Куселяровские источники											
11	13	0,9	241,0 / 28,3	290,4 / 34,4	185,4 / 37,3	114,2 / 40,8	42,6 / 25,1	109,7 / 34,1	6,9 / –	8 / <1	
12	9,5	0,9	258,4 / 32,1	240,7 / 36,6	152,3 / 31,3	110,2 / 40,1	45,0 / 27,0	103,7 / 32,9	7,0 / –	8 / <1	
13	10,5	1,0	256,2 / 28,0	243,6 / 33,9	292,4 / 38,1	120,2 / 40,1	46,2 / 25,4	119,1 / 34,5	7,5 / –	– / –	372
16	16,1	1,0	231,8 / 26,1	249,8 / 35,6	198,8 / 38,3	122,2 / 41,7	43,8 / 24,6	113,2 / 33,7	7,1 / –	2 / <1	432
17	17,8	1,0	268,4 / 30,4	231,3 / 33,3	186,5 / 36,3	112,2 / 38,6	48,6 / 27,6	112,9 / 33,8	7,0 / –	9 / <1	

[1] 1 ед. Махе = 0,364 нСu/л = $13{,}48\cdot10^{-3}$ кБк/л, 1 Эман = 0,1 нСu/л = $3{,}7\cdot10^{-3}$ кБк/л.

[2] Фоновые концентрации хлора в водах закарстованных карбонатных отложений зоны интенсивной циркуляции в Предуралье составляют 5 мг/л.

известняков карбона и девона к западу от источника, в пределах Каратауского структурного комплекса. К зоне Юрюзанского сдвига, представляющего разрывное нарушение вертикального заложения, и приурочен источник Кургазак. По этому нарушению на участке выхода в контакт приведены каменноугольные отложения Каратауского комплекса и преимущественно пермские породы Юрюзано-Сылвинской депрессии.

В результате погружения трещинно-карстовых вод на глубину 600–800 м они нагреваются за счет внутреннего тепла земли. Одновременно из карбонатных пород, обладающих повышенным содержанием радиогенных элементов, в воду поступают гелий и радон. Эти же породы являются причиной несколько повышенной концентрации в воде ионов хлора.

Гипотезе, связывающей происхождение Кургазака с восходящими с больших глубин струями термальных вод, противоречат данные химического и газового состава подземных вод. Вряд ли может считаться правильным мнение, согласно которому повышенная температура Кургазака (а также Куселяровских источников) вызвана процессами термоокисления (горения) в нижнепермских (янгантауских) породах, подобными тем, которые протекают в недрах горы Янгантау. При этом надо учитывать, что температура воды малодебитных (около 10 л/с) Янгантауских источников, находящихся в непосредственной близости от термального ядра (с температурой около 380°С) горы Янгантау, не превышает 18,5°С. С энергетической точки зрения трудно представить, как за счет подобного экзогенного источника тепла могла сформироваться повышенная

Источник Кургазак
Source Kurgazak

температура высокодебитного (120 л/с) Кургазака, особенно если учесть его приуроченность не к битуминозным нижнепермским, а к каменноугольным отложениям и удаленность от Янгантауской термоаномалии [Абдрахманов, Попов, 1999].

Наибольшую ценность среди *радиоактивных вод* (радоновых, радоно-радиевых и других) представляют воды с повышенной концентрацией радона (>5 нCu/л, или 14 ед. Махе). Этот газ является короткоживущей эманацией радия с периодом полураспада 3,825 сут. Именно благодаря свойству радона быстро выводиться из организма в отличие от радия и урана, накапливающихся в нем, и получили широкое применение радоновые воды.

При решении вопроса практического использования радоновых вод необходимо учитывать не только абсолютное содержание в них радона, но и эксплуатационные ресурсы этих вод. С этой целью введены понятия «радоновая ценность» (M_{Rn}) и «радиоактивная мощность» (M_{Ra}) источника:

$$M_{Rn} = C \cdot Q,\ M_{Ra} = Q \cdot C/7500,$$

где C — концентрация радона, нCu/л; Q — дебит источника (л/с в формуле M_{Rn}, л/ч в формуле M_{Ra}).

«Радиоактивная мощность» источника — это масса радия в миллиграммах (мг), которая дает то же количество эманации, что и исследуемый источник.

Радоновая ценность источника, используемого в лечебно-питьевых целях на курорте «Янган-Тау», составляет примерно 600–700 нCu/л, а радиоактивная мощность 260–375.

Концентрация радона при использовании воды в лечебных целях претерпевает значительные изменения. Измерения, проведенные радиометром РАНАГ-1 с гамма приставкой от прибора СРП-2 (Кристалл) по утвержденным методикам, показали, что содержание радона в воде источника Кургазак — 17 ед. Махе, в водопроводной воде курорта «Янган-Тау» — 14 ед. Махе, в воде ванны в водолечебнице курорта — 3,5 ед. Махе при наполнении ее через высоко расположенный над ванной кран (сильное разбрызгивание воды, вытекающей из крана) и 12,4 ед. Махе при наполнении ванны с помощью резинового шланга, надетого на кран над ванной и доходящего до дна ванны, что исключает разбрызгивание воды при ее наполнении.

Содержание радона в воздухе суховоздушных ванн составляет: в трубе, через которую газ поступает — 0,3 ед. Махе, в объеме ванны — 2,8 ед. Махе, в воздухе помещения, где расположены суховоздушные ванны — 0,28 ед. Махе и $0{,}026 \cdot 10^5$ МЭВ/л дочерних продуктов (по скрытой энергии их распада). Таким образом, загрязнение воздуха помещения для суховоздушных ванн по радону и дочерним продуктам его составляет 0,1 от предельно допустимого уровня этих изотопов в воздухе производственных помещений.

Содержание радона в воздухе паровых ванн: в отверстии трубы, подающей пар в лечебную кабину — 1,03 ед. Махе, в лечебной кабине — 0,6 ед. Махе.

Содержание радона и его дочерних продуктов в воздухе помещения, где расположены экспериментальные кабины для отпуска паровых процедур, равняется 0,1 ед. Махе ($4{,}2 \cdot 10^{-11}$ Cu/л), а дочерних продуктов радона (по скрытой энергии распада) — $0{,}03 \cdot 10^5$ МЭВ/л.

В сумме загрязнение воздуха радоном и его дочерними продуктами не превышает 0,1 от уровня ПДК (ПДК для радона $3 \cdot 10^{-9}$ Cu/л; для дочерних продуктов его — $0{,}37 \cdot 10^5$ МЭВ/л).

Необходимо отметить, что использование радоновой воды источника Кургазак для хозяйственно-питьевого водоснабжения жилой зоны курорта, по заключению радиологической лаборатории Центрального научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии (г. Москва, 1970), противопоказано. В связи с этим по просьбе Башкирского областного совета по управлению курортами профсоюзов нами было выполнено обследование территории района курорта «Янган-Тау» (Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Рекомендации по улучшению водоснабжения курорта «Янган-Тау» Башкирской АССР. ИГ БФАН СССР, 1978 г.). Было рекомендовано изменить источник хозяйственно-питьевого водоснабжения, предложены другие источники для водоснабжения.

Куселяровские источники расположены в 20–23 км западнее санатория «Янган-Тау» на пойме и левобережной первой надпойменной террасе долины реки Юрюзань и представлены двумя группами [Абдрахманов, 2007]. Первая — более 10 естественных выходов пластового (700 м) типа в основании северо-восточного склона горы Куткантау (рис. 1). В тектоническом отношении гора представляет пологую антиклинальную складку северо-восточного простирания, сложена трещиноватыми тонко- и среднеслоистыми известняками артинского яруса раннепермского возраста.

Источники субтермальные (8,5–18°С) с дебитом от 0,5–2 до 20 л/с (суммарный около 60 л/с) расположенные в 25 м от русла с превышением

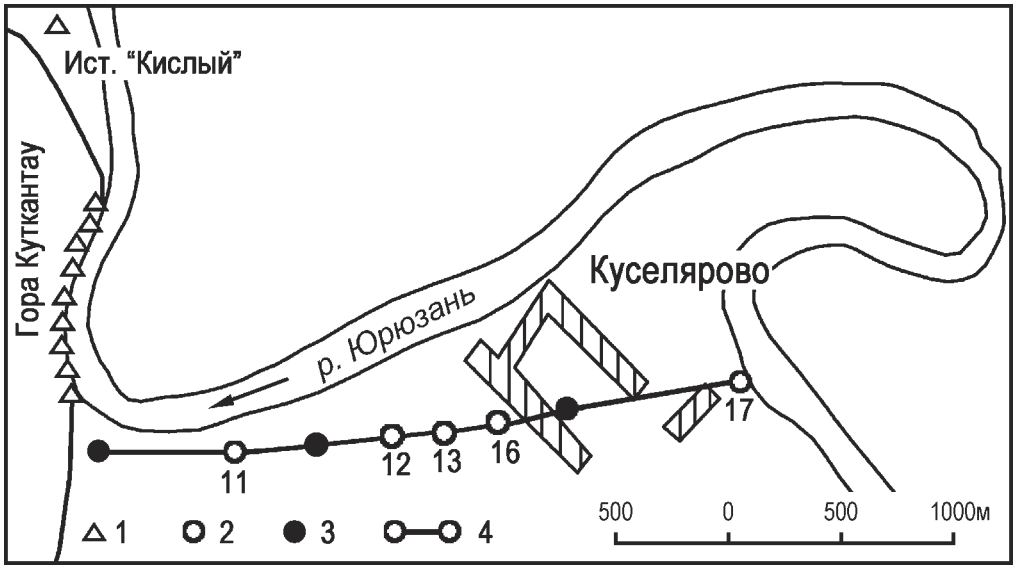


Рис. 1. Расположение Куселяровских источников

Условные обозначения: 1 — естественный выход; 2 — скважина; 3 — скважина ликвидированная; 4 — линия гидрогеологического разреза.

Fig. 1. Location of the Kuselyarovskie springs

Legend: 1 — hyperpiestic water, 2 — well, 3 — abandoned well, 4 — hydrogeological section line

Куселяровский источник (на переднем плане профессор Р.Ф. Абдрахманов, на заднем плане академик М.С. Юнусов, слева стоит профессор Ю.И. Муринов)

Kuselyarovskiy source (in the foreground Professor R.F. Abdrakhmanov, in the background, Academician M.S. Yunusov, on the left there is Professor Yu.I. Murinov)

0,8 м над меженным уровнем р. Юрюзань. В паводок источники подтапливаются. Среди них выделяется источник «Кислый», расположенный в 650 м от основной группы, в 60 м от реки с превышением 2 м над урезом р. Юрюзань, на пойменной части ее долины. Выход представляет собой мощный грифон из воронки диаметром 4,5 м, глубиной более 1 м, дебитом 10–12 л/с. Этот единственный в Республике самый высокотемпературный естественный источник (20–21°С). Вокруг него на площади 30×40 м наблюдается скопление минеральных грязей с запахом сероводорода, мощностью около 1 м. Химический состав воды этой группы гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниево-натриево-кальциевый. Минерализация воды 0,6–0,9 г/л, pH 7,3–7,8, микроэлементы (мг/л): I —0,004–0,025; Br — 0,42–0,99; B — 0,05–0,4; F — 0,12–1,0. В газовом составе присутствует O_2 — 1–3,5 мг/л, в некоторых источниках — H_2S от 0,1 до 0,8 мг/л, в источнике «Кислый» газовый состав на 98,8% представлен N_2.

Наибольший интерес вызывают источники второй группы. Они представлены скважинами разведочного бурения глубиной от 32 до 85 м с самоизливающейся водой (рис. 2). Водоносными являются известняки и мергели, залегающие на восточном крыле Куткантауской антиклинали. Источники восходящие, в виде мощных грифонов из воронок диаметром от 1 до 20 м, глубиной 1–3 м. Дебиты их изменяются от 0,7 до 8 л/с, суммарный — 20–23 л/с. Температура воды от 8,5 до 17,8°С, минерализация — 0,9–1 г/л. Вода слабосульфидная (H_2S до 9 мг/л) гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридная магниево-натриево-кальциевая (см. табл.). Среди газов установлены N_2, O_2, CO_2, CH_4, газонасыщенность вод низкая, pH 6,9–7,6, Eh +90 мВ. Концентрация радона 0,4–2,4 нCu/л (1,1–5,5 ед. Махе), микроэлементов (мг/л): F — 0,2–0,92; B — 0,2; I — 0,6; Br — 0,83. Учитывая значительный дебит источников (свыше 20 л/с), радоновая ценность их может быть оценена величиной до 100 нCu/л [Абдрахманов, Попов, 1999]. Отличительной чертой источников является присутствие высоких концентраций гелия (от 284 до $432 \cdot 10^{-5}$ мл/л при фоновом содержании в воздухе $5 \cdot 10^{-5}$ мл/л), свидетельствующее о глубинном характере источников.

Заключение

Таким образом, территория санатория «Янган-Тау» по медико-климатическим условиям относится к благоприятным для организации клима-

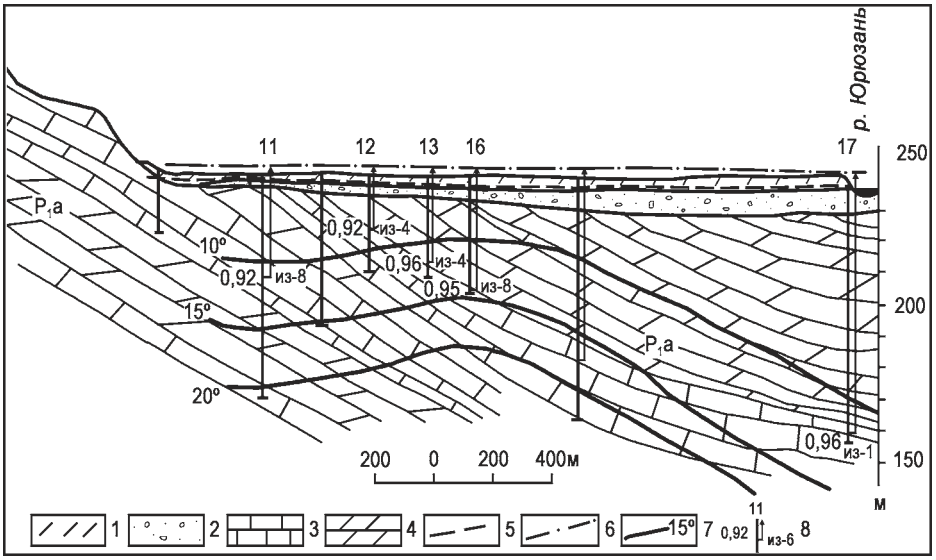


Рис. 2. Гидрогеологический разрез долины р. Юрюзань района Куселяровских источников [Головков, 1959 г.]

Условные обозначения: 1 — суглинки; 2 — песчано-гравийно-галечниковые отложения; 3 — известняки; 4 — мергели; 5 — уровень грунтовых вод; 6 — уровень напорных вод (стрелка соответствует напору); 7 — изотермы, °С; 8 — скважина (по рис. 1): вверху — номер источника; слева — минерализация воды, г/л; справа — дебит воды при самоизливе, л/с.

Fig. 2. Hydrogeological section of the valley of the river Yuryuzan district of the Kuselyarovskie springs [Golovkov, 1959]

Legend: 1 — loam; 2 — sand-gravel-pebble deposits; 3 — limestones; 4 — marl; 5 — level of groundwater; 6 — level of pressure water (the arrow corresponds to the head); 7 — isotherms, °C; 8 — borehole (according to fig. 1), at the top — source number, on the left — mineralization of water, g/l, on the right — water discharge at self-depletion (l/s)

толечения. Минеральный источник Кургазак — один из наиболее известных в Предуралье — восходящего типа, с дебитом отдельных выходов от 5 до 25, суммарный достигает 120 л/с. Температура воды в разных выходах от 14,7 до 15,5°С, минерализация невысокая (0,5 г/л), состав гидрокарбонатный магниево-кальциевый, состав водорастворенных газов бессульфидный, величина окислительно-восстановительного потенциала положительная (+90 мВ), содержания гелия — $(30–37)\cdot10^{-5}$ мл/л и радона — 14,9–17,2 ед. Махе. Минеральный источник Кургазак вместе с тепловыми явлениями горы Янгантау является уникальным лечебным местом. Значительные ресурсы Куселяровских сероводородных источников в перспективе могут использоваться как лечебно-столовые минеральные воды курорта «Янган-Тау».

Работа выполнена по теме №0252-2014-0017.

Литература:

Абдрахманов Р.Ф. Кургазак // Башкирская энциклопедия. – Уфа, 2007. – Т. 3. – С. 611–612.

Абдрахманов Р.Ф. Куселяровские сернистые источники // Башкирская энциклопедия. – Уфа, 2007. – Т. 3. – С. 622.

Абдрахманов Р.Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. – Уфа: Гилем, 2014. – 416 с.

Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Минеральные лечебные воды Башкортостана. – Уфа: Гилем, 1999. – 298 с.

Акбашев Р.Ш. Курорт Янгантау. – Уфа: Башкнигоиздат, 1986. – 176 с.

Вахрушев Г.В. Минеральные воды и грязи Башкирии. – Уфа: Башкнигоиздат, 1961. – 156 с.

Гидрогеология СССР / *Под ред. Е.А. Зубровой*. – М.: Недра, 1972. – Т. 15. – 344 с.

Поволоцкая Н.П. Методы анализа климата для курортологических целей // Курортные ресурсы и их рациональное использование / ПНИИК и Ф. – Пятигорск, 1989. – С. 18–25.

Пучков В.Н., Абдрахманов Р.Ф. Особенности газогидро-геотермальных явлений горы Янгантау и прилегающих территорий // Литосфера. – 2003. – № 4. – С. 65–77.

References:

Abdrahmanov R.F. Kurgazak [Kurgazak] // Bashkirskaja enciklopedija [Bashkir encyclopedia], 2007. V. 3. P. 611–612. (In Russian).

Abdrahmanov R.F. Kuseljarovskie sernistye istochniki [Kuselyarovskie sulfurous springs] // Bashkirskaja enciklopedija [Bashkir encyclopedia], 2007. V. 3. P. 622. (In Russian).

Abdrahmanov R.F. Presnye podzemnye i mineral'nye lechebnye vody Bashkortostana [Underground fresh and mineral water of Bashkortostan.]. Ufa, Gilem Publ., 2014. 416 p. (In Russian).

Abdrahmanov R.F., Popov V.G. Mineral'nye lechebnye vody Bashkortostana [Mineral medicinal waters of Bashkortostan]. Ufa, Gilem Publ., 1999. 298 p. (In Russian).

Akbashev R.Sh. Kurort Yangantau [The resort Yangan-Tau]. Ufa, Bashknigoizdat Publ., 1986. 176 p. (In Russian).

Vahrushev G.V. Mineral'nye vody i grjazi Bashkirii [Mineral water and mud of Bashkortostan]. Ufa, Bashknigoizdat Publ., 1961. 156 p. (In Russian).

Gidrogeologija SSSR [Hydrogeology of the USSR] / *Pod red. E.A. Zubrovoj*. Moscow, Nedra Publ., 1972. V. 15. 344 p. (In Russian).

Povolockaja N.P. Metody analiza klimata dlja kurortologicheskih celej [Methods of climate analysis for spa purposes] // Kurortnye resursy i ih racional'noe ispol'zovanie [Spa resources and their rational use] / PNIIK i F, Pjatigorsk, 1989. P. 18–25. (In Russian).

Puchkov V.N., Abdrahmanov R.F. Osobennosti gazogidrogeotermal'nyh javlenij gory Jangantau i prilegajushhih territorij [Features of gas-hydrothermal geothermal phenomena of Yangantau mountain and surrounding territories] // Litosfera. 2003. No. 4. P. 65–77. (In Russian).

Сведения об авторе:

Абдрахманов Рафил Фазылович, доктор геол.-мин. наук, профессор, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: hydro@ufaras.ru

About the author:

Abdrakhmanov Rafil Fazilovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: hydro@ufaras.ru

УДК 551 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-6

РОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ГЕНЕЗИСЕ ЦЕЛЕБНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГОРЫ ЯНГАНТАУ

© 2018 г. Т. Т. Казанцева

Реферат. Основным источником состава целебных паров и газов горы Янгантау являются битуминозные породы янгантауской свиты артинского яруса перми, которые рассматриваются как нефтегазогенерирующие толщи сланцевого типа, сопоставимые с доманикитами. Обосновывается, что энергетическим источником генезиса термальных явлений горы Янгантау является геодинамический фактор.

Ключевые слова: памятник природы, источники, битуминозность, сланцеватость, линзовидная слоистость, известняки, мергели

THE ROLE OF GEOLOGICAL SUBSTANCE IN GENESIS THE PRINCIPAL SOURCES OF THE MOUNTAIN YANGANTAU

T. T. Kazantseva

Abstract. The main source of the composition of medicinal vapors and gases of the Yan-gantau mountain are bituminous rocks of the Yangantausky Formation of the Artinskian stage of Permian, which are regarded as oil and gas-producing shale-type strata comparable with do-manikites. It is substantiated that the geodynamic factor is the energy source of the genesis of the thermal phenomena of Mount Yangantau.

Key words: a nature monument, springs, bituminous, shales, lens-layering, limestones, marls

Введение

На северо-востоке Башкортостана известен феноменальный геологический памятник природы — «горячая» гора Янгантау, содержащая источники горячих газов, используемые для лечебных целей одноименным курортом республики. Эта возвышенность располагается в пограничной зоне крупных структурных единиц Южного Урала. Здесь Месягутовская пластина, образованная одноименным надвигом и являющаяся одной из аналогичных в тектонической системе Юрюзано-Сылвенской впадины Предуралья, контактирует с достаточно известным Каратауским аллохтоном, ограниченным Каратауским надвигом, Юрюзанским и Ашинским сдвигами. Названные геологические объекты, в узле пересечения которых и располагается интересующая нас гора (рис. 1), резко отличаются как геоморфологически, что наглядно показано на рисунках 2 и 3, так и геологически, что покажем ниже.

В вершинной части горы Янгантау известно пять площадок, где из недр просачиваются целительные горячий пар и газы, возникновение которых обеспечивается несколькими геологическими факторами, среди которых определяющее значение придается характеру состава геовещества и особенностям структурно-тектонического строения территории. Взаимодействие их обеспечивает и раскрывает генетическую сущность и неповторимость природного объекта [Казанцева, 2007, 2014; Нигматулин и др., 1998; Фаттахутдинов и др., 1976].

Стратиграфо-вещественная основа

В пределах Юрюзано-Сылвенской депрессии доминируют образования артинского яруса пермской системы, которые здесь основательно изучены В.Д. Наливкиным, Н.М. Страховым, Г.А. Дмитриевым, А.И. Осиповым, Н.Г. Чочиа, С.М. Домрачевым, С.В. Максимовой, К.А. и Л.А. Миловидовыми, Г.В. Вахрушевым и многими другими. Отложения их представлены двумя подъярусами, нижний из которых по фауне фузулинид соответствует бурцевскому и иргинскому горизонтам, а верхний — саргинскому и саранинскому. Состав подвержен значительным фациальным изменениям. Более глинистые и известковистые распространены в юго-западной части района, к востоку и северо-востоку они сменяются песчаниками и конгломератами.

Рис. 1. Тектоническое районирование территории Башкирии

Условные обозначения. Цифры: 1 — Восточно-Европейская платформа, 2 — Предуральский передовой прогиб, 3 — Башкирский антиклинорий, 4 — Зилаирский синклинорий, 5 — зона Уралтау, 6 — Магнитогорский синклинорий. Буквы: Бв — Бельская впадина, ЮСв — Юрюзано-Сылвенская депрессия, А — крупные аллохтоны западного склона Ю. Урала, из них К — Каратауский

Fig. 1. Tectonic zoning of the territory of Bashkortostan

Legend: 1 — Eastern European platform, 2 — Pre-Urals advanced deflection, 3 — Bashkir anticlinorium, 4 — Zilair synclinorium, 5 — Uraltau zone, 6 — Magnitogorsk synclinorium. Letters: Бв — Belsky hollow, ЮСв — Yuryuzan-Sylvensky depression, A — large allochthons of the western slope of Ural, from them K — Karatau

Гора Янгантау и ее окрестности сложены преимущественно темноокрашенными битуминозными сланцами и мергелями, отнесенными Н.Г. Чочиа и В.Д. Наливкиным к янгантауской свите. Одни называют их горючими сланцами, другие возражают на том основании, что битуминозное вещество в них присутствует в недостаточных количествах. Назывались цифры 3–5%, в отдельных участках — до 12%. Наиболее полная характеристика свиты содержится в работе Н.М. Страхова и А.И. Осипова [1935], согласно которым она прослеживается полосой вдоль северного склона хребта Каратау, на крыльях Месягутовской и Юкалинкулевской антиклиналей, образованных одноименными надвигами. Лучшие обнажения известны на р. Салдаш, на горах Куткантау, Янгантау, Кантунтау, по рекам Юрюзань и Ай.

Рис. 2. Особенности рельефа района Юрюзано-Сылвенской депрессии. Излучина р. Юрюзань у курорта «Янган-Тау»
Fig. 2. Features of the relief of the Yuruzan-Sylva depression, Meander of the Yuruzan river at the "Yangan-Tau" resort

Рис. 3. Крутой северный склон хребта Каратау у р. Юрюзань
Fig. 3. The steep northern slope of the Karatau ridge near the Yuruzan river

По Г.В. Вахрушеву, в обнажениях западной части горы Янгантау представлены две основные разновидности битуминозных мергелей. Тонкослоистые, часто листоватые (толщина слоев от 1 мм до 1 см) и массивные (толщина слоев и линз от 10 см до 5–10 м). В первом случае порода состоит из тесно сочлененных, чрезвычайно тонких, прямолинейных микрослоев почти черного цвета, между которыми располагаются более светлоокрашенные разности. Массивные мергели местами обнаруживают значительную окремнелость и пиритизацию. Цвет толстослоистых мергелей, также как и тонкослоистых, в большинстве случаев темно-серый.

Помимо обычной наблюдается линзовидная слоистость, которая является одной из характерных черт янгантауской свиты. Ее называют здесь «линзослоистостью» (рис. 4).

Рис. 4. Характер линзослоистости янгантауской свиты северо-восточнее горы Янгантау
Fig. 4. The nature of lens-layering of the Yangantausky suite to the northeast of Mount Yangantau

Сущность ее в том, что порода состоит из чередующихся линзовидной формы образований различной тональности в 1–2 мм толщиной и от 1–2 до нескольких десятков см в длину.

Характерной особенностью пород янгантауской свиты является сланцеватость, на что обратил внимание еще П.С. Паллас в конце восемнадцатого столетия. «...Горные породы, — написал он, — камень, из которого гора Янгантау состоит, известковист и в тонкие пластинки расщепляется...» [Вахрушев, 1954ф, стр. 47].

Текстурные особенности пород янгантауской свиты засняты автором данной статьи при вещественно-структурных исследованиях конца XX – начала XXI века (рис. 5 и 6. Фото автора).

На горах Салдаш и Куткантау обнажена только верхняя часть янгантауской свиты. Здесь слои глинистых сланцев и песчаников отсутствуют, но присутствуют мергели и известняки с определяющей возраст фауной. На г. Янгантау появляется несколько маломощных прослоев глинистых сланцев, а еще дальше к востоку, на г. Кантунтау, этими глинистыми сланцами уже сложена значительная часть разреза. Наблюдаются грубообломочные текстуры, повышенная трещиноватость, автономная дислоцированность сланцевых слоев среди массивных мергелей и известняков (рис. 7).

Мощность янгантауской свиты в южной части Месягутовской антиклинали достигает 200 м, на г. Янгантау — 260 м, а на г. Кантунтау (ниже устья р. Урдали) — 340 м.

Рис. 5. Сланцы янгантауской свиты на склоне горы Янгантау
Fig. 5. Shales of the Yangantau suite on the slope of the Yangantau mountain

Рис. 6. Линза кремней среди сланцев янгантауской свиты на восточном склоне горы Янгантау
Fig. 6. A flint lens among the shales of the Yangantaus suite on the eastern slope of the mountain Yangantau

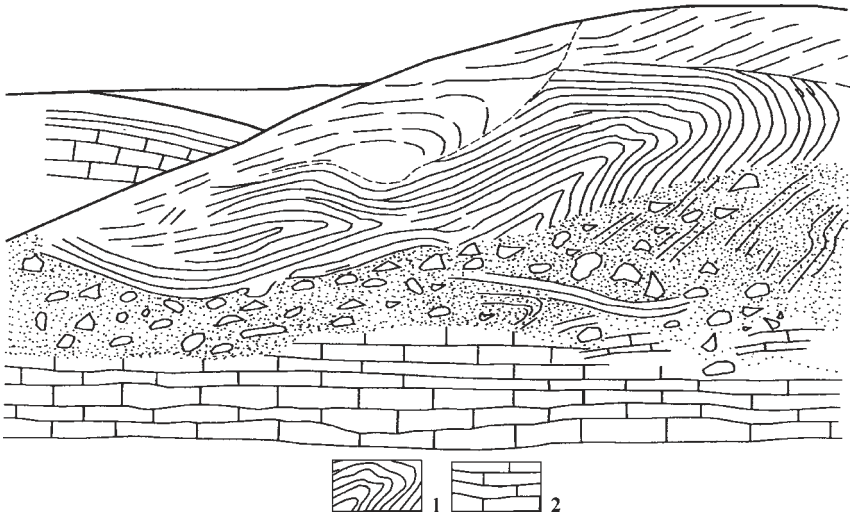


Рис. 7. Характер дислоцированности сланцевых слоев янгантауской свиты. Обнажения против д. Ильтаево (*зарисовка Т.Т. Казанцевой*)

Условные обозначения: 1 — характер дислоцированности глинистых сланцев янгантауской свиты, 2 — известняки.

Fig. 7. The nature of the dislocation of the shale layers of the Yangantau suite. Outcrops against the village of Iltaevo (*sketching of T.T. Kazantseva*)

Legend: 1 — the character of the dislocation of clayey shales of the Yangantau suite, 2 — limestones.

Важно отметить, что наблюдения температурного режима по стволу скважин в процессе бурения показали существующую весьма слабую зависимость между составом пород и повышенными значениями температур (рис. 8, скв. 23 и 27). Но в интервале от 61 м и глубже в скв. 23 наблюдается сланцеватость пород. Здесь же фиксируется и повышение температур. В скв. 27 мергель и известняк в интервале от 72 до 76 м окрашены в красноватый цвет. На этой глубине температурный пик присутствует. Следовательно, можно заключить, что *связь между сланцеватостью и переходом лимонита в гематит (преобразования, приведшие к окраске пород в красные тона), с повышением значений температур их прогрева имеет место*.

Палеотемпературные исследования А.С. Бобохова, проведенные в местах развития битуминозных пород янгантауской свиты пермских отложений района курорта «Янган-Тау» по разработанной им методике (см. также статью С.В. Мичурина и Р.Б. Бобоховой в данном номере журнала), показывают, что такая зависимость между составом пород и интенсивностью их прогрева безусловна. Результаты термодегазации, сведенные им в таблицу из 65 определений по породам, представленными в основном известняками и мергелями, значительно разнятся. Согласно элементарным подсчетам прогрев мергелей в пределах температур от 250 до 600°С выявлен в 14 случаях из 26 образцов, а в известняках из 40 образцов такие температуры отмечены только в 8 случаях.

По данным Н.М. Страхова и А.И. Осипова [1935], битуминозные мергели гор Куткантау, Салдаш, Янгантау представляют собой огромную линзу, которая выклинивается в обе стороны на запад и на восток. На западе она переходит в органогенно-обломочные известняки (частью битуминозные), на востоке — в толщу обломочных пород (песчаники и аргиллиты) флишевого типа. Протяженность мергельной части этой линзы измеряется примерно 40 км. Собственно в этом регионе соблюдается одна из важнейших особенностей передовых прогибов, заключающаяся в закономерной смене формаций по латерали от платформы к складчатой области: рифовой, карбонатной, депрессионной (сланцевой), флишевой [Казанцев, Казанцева, 1992].

Итак, *в составе янгантауской свиты преобладают известняки, мергели и глинистые сланцы, содержащие органическое вещество, содержание которого 3–6%, иногда достигает более 10%. Среди терригенных разновидностей присутствуют кремни в виде округлых и линзовидных включений. Характерна сланцеватость.* Мы считаем, что особенности состава и строения пород янгантауской свиты укладываются в понятие доманикиты — нефтегазогенерирующие толщи сланцевого типа [Казанцева, 2013; Исмагилов, 2013].

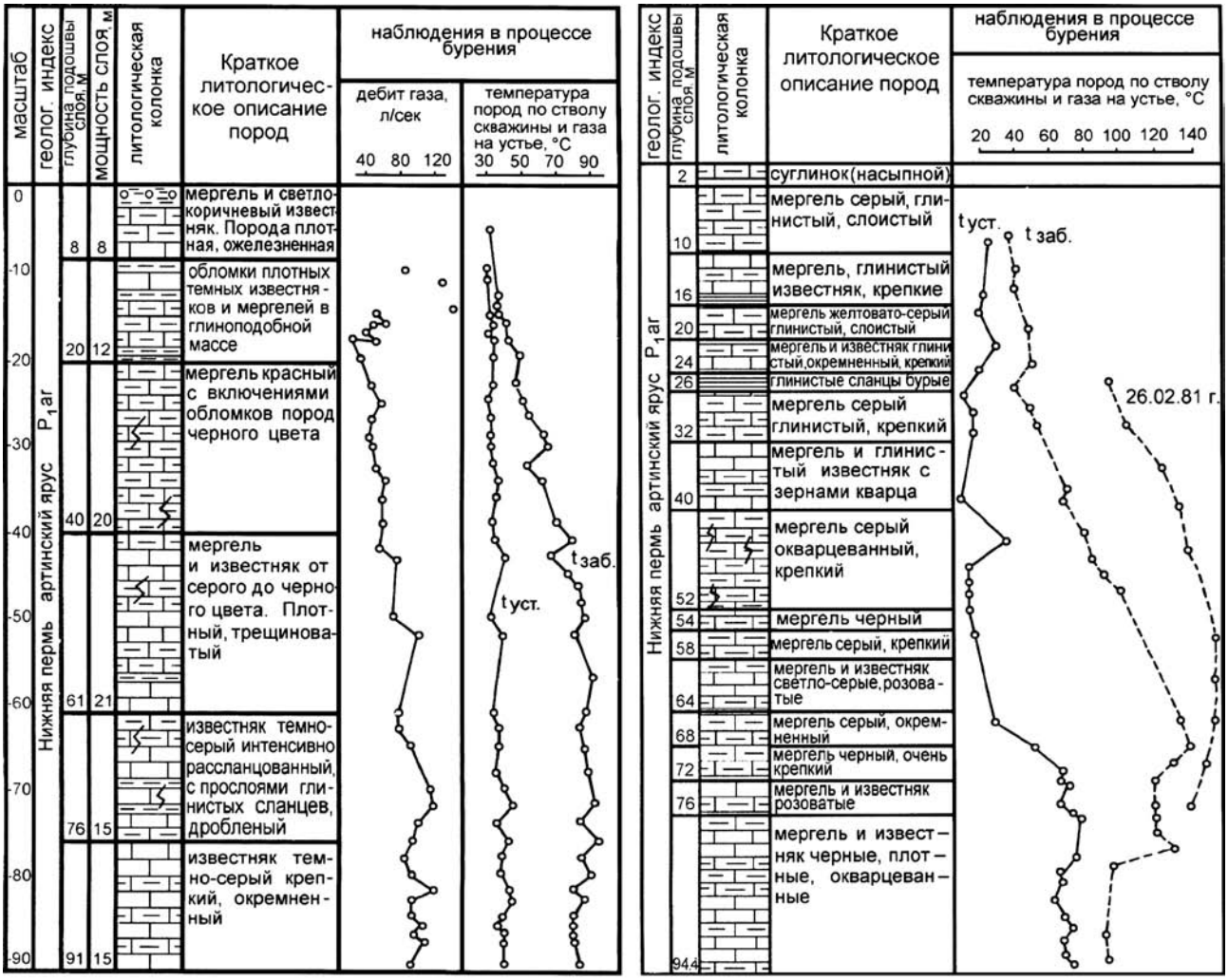


Рис. 8. Геолого-технические разрезы по скв. 23 и 27 пл. «С» (по Л.С. Бжезинской [1979ф])

Fig. 8. Geological and technical sections along the well 23 and 27 pl. "C" (according to L.S. Bzhezinskaya, 1979)

Происхождение углеводородов в них согласуется с представлениями, изложенными в наших работах 1981–2016 гг., где определяющее значение придается геодинамической модели генезиса нефти и газа. Как известно, в отечественной и мировой геологической литературе геодинамические реконструкции, выявление конкретных тектонических режимов накопления каждого из вещественных комплексов, слагающих складчатую область, осуществляются с помощью методик, основанных на принципах актуализма. Идейной основой разработанной нами методики является эволюционизм [Казанцева, 1987; Казанцева, Казанцев, 2010]. Применяются методические приемы, основанные на фактических данных о последовательной изменчивости во времени структурных характеристик вещества всех геологических уровней организации [Казанцева, 2009].

Модификация такой методики применима и для субплатформенных отложений, в том числе там, где развиты нефтегазогенерирующие формации сланцевого типа. Раньше сланцеватые текстуры рассматривались как результат динамометаморфизма в традиционном понимании этого термина. Чередование же слоев сланцевого и несланцевого строения в едином разрезе, автономные проявления активной дислоцированности первых среди вторых (см. рис. 7), несовпадение элементов залегания слоистости и сланцеватости целесообразнее объяснять режимом направленного тектонического тангенциального давления, распространявшегося от активной зоны складчатой области к платформе.

В этом случае наблюдения за особенностями сланцеватости и масштабностью проявления позволяют судить о характере и типе тектонических напряжений. То есть по смене состава и структурно-текстурных особенностей одновозрастных формаций поперек простирания складчатой области можно судить об эволюции геодинамических условий всей территории.

Но тектоническое субгоризонтальное сжатие ответственно не только за рассланцевание толщ, но и за механическую активацию горных пород, наиболее полно реализующуюся в зонах надвигов, где дробление, милонитизация и рассланцевание происходят весьма активно. Это подтверждают экспериментальные исследования Н.В. Черского и др. [1982], пришедших к выводу, что «...механические постоянные и переменные нагрузки в десятки раз ускоряют процессы преобразования ископаемого органического вещества даже при низких температурах (20–40°С) и протекают с высокой интенсивностью...» [с. 21]. В этом плане показательны и более ранние данные Н.Б. Вассоевича с соавторами [1969], где приведен пример экспериментов с аргиллитом, не погружавшимся ниже глубины 700 м. Под давлением 150 кг/см^2 из него было выделено битумоида в 2 раза больше, чем при давлении 5 кг/см^2. При этом состав хлороформенного битумоида существенно изменялся. Если до давления 150 кг/см^2 в хлороформенных битумоидах асфальтены преобладали над углеводородами, то после — содержание углеводородов возросло в 3,5 раза и их стало в 5 раз больше асфальтенов. Это согласуется с представлениями об условиях нефтегазообразования глинистых пород, впрочем, как и многих рудных полезных ископаемых [Казанцев и др., 1999] в результате направленного тектонического давления.

Выше битуминозных мергелей янгантауской свиты И.Г. Чочиа и В.Д. Наливкин выделили тандакскую свиту песчаников, сланцев и кремнистых известняков. Свита прослеживается от д. М. Биянки, вдоль северного склона хр. Каратау, по обоим крыльям Месягутовской антиклинали вплоть до р. Тандак, северо-восточнее с. Месягутово и на северо-западном крыле Юкаликулевской антиклинали. Отличительным признаком ее состава является наличие пачек и линз кремнистых известняков среди песчано-сланцевых отложений. По нижнему пласту таких известняков проводится граница свит. Непосредственно на г. Янгантау на свите битуминозных мергелей также залегают переслаивающиеся песчаники, кремнистые и глинистые сланцы, мергели, отнесенные к нижней части тандакской свиты. Мощность прослоев песчаников от 20 до 50 см, сланцев — 2–3 м. Во многих местах отмечается мелкая складчатость и разрывы сплошности слоев, вероятно, синседиментационного происхождения. В ней также присутствует органическое вещество, но в количествах меньших, чем в янгантауской свите.

Контакт между янгантауской свитой и нижней частью тандакской показан на рисунке 9, где отражено, что тепловые аномалии располагаются практически между ними.

Наглядна и приуроченность наиболее прогретой плоскости к горизонтам от слабой до средней обогащенности битуминозным веществом, а не к наиболее богатым, как должно было бы быть только при его горении. Не согласуется также положение о загорании органического вещества на поверхности и направленности процесса горения на глубину сверху вниз с имеющимися фактами теплового режима, наблюденного в скважинах 2к, 5у, 4у и др., где неоспоримо остывание вверх и вниз от температурного максимума.

На горе Янгантау часто встречаются породы, окрашенные в красные тона, что многими исследователями расценивается как «обжиг» битуминозных мергелей. Вместе с тем красный цвет пород объясним и переходом лимонита в гематит. *Это явление довольно часто наблюдается в процессе полевых геолого-съемочных работ любого региона. Оно всегда рассматривается как один из диагностических признаков наличия тектонического нарушения. Учитывая это и факт приуроченности термально измененных пород к контакту янгантауской и тандакской свит (рис. 10), следует считать наличие здесь нарушения дизъюнктивного характера*.

В соответствии с рисунками 9 и 10, общая картина термального тела представляется как вытянутая с востока на запад структурная пластина линзовидной формы, ограниченная вверху поверхностью термально измененных пород, а внизу наиболее прогретой плоскостью с ядром в скв. 5у, где температура достигает 378°С.

Отложения бурцевского и иргинского горизонтов Н.Г. Чочиа и С.М. Домрачев выделили в бальзякскую свиту песчаников и конгломератов [Наливкин, 1950]. Бальзякская свита обнажается у подножья г. Янгантау, прослеживаясь полосой от устья р. Урдали в направлении на северо-восток. В южной части Месягутовской антиклинали в ее составе преобладают среднезернистые песчаники с линзами конгломератов, которые севернее

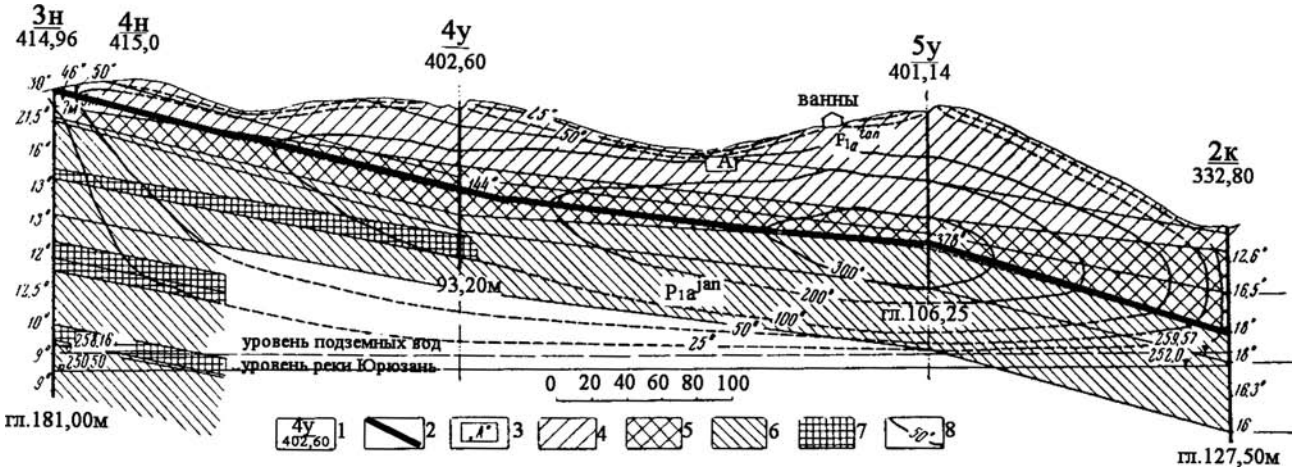


Рис. 9. Продольный профиль г. Янгантау с распределением температур и органического вещества (по В.В. Штильмарку, с дополнениями и изменениями авторов)

Условные обозначения: 1 — номер скважины и абс. отметка устья: 2 — термальный максимум; 3 — проекция на профиль термальной площадки «А»; 4 — содержание органического углерода ($C_{орг}$) 4 — от 0 до 2%; 5–6 — от 2 до 6%; 7 — от 6 до 11%; 8 — изотермы.

Fig. 9. Longitudinal profile of the Yangantau mountain with the distribution of temperatures and organic matter (according to V.V. Shtilmark with the additions and changes of the authors).

Legend: 1 — borehole number and abs. elevation mark; 2 — thermal maximum; 3 — projection on the profile of the thermal platform "A"; 4 — content of organic carbon (C_{org}) 4 — from 0 to 2%; 5–6 — from 2 to 6%; 7 — from 6 to 11%; 8 — isotherms.

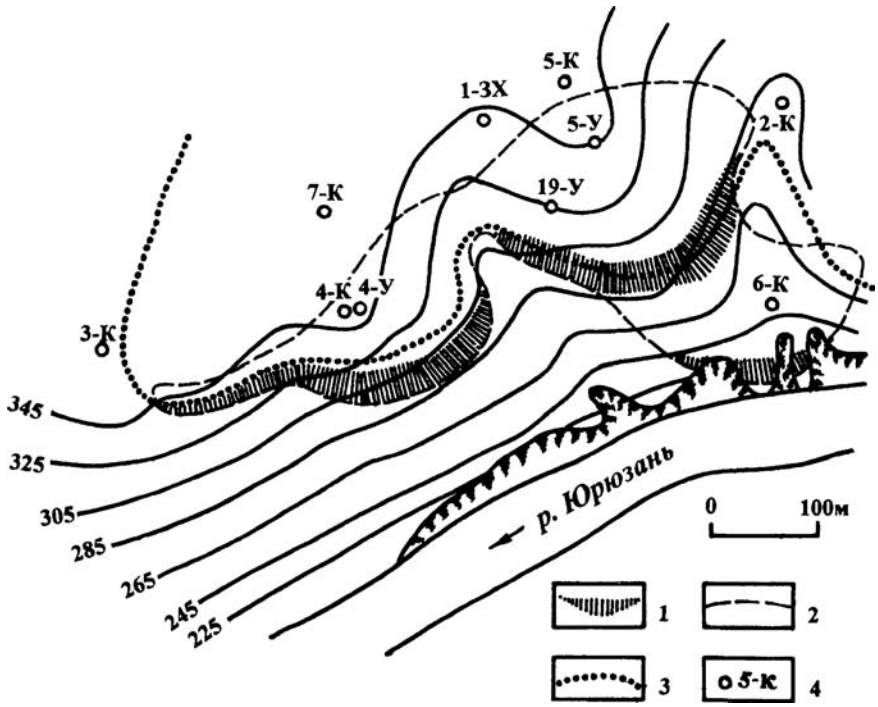


Рис. 10. Распределение термально измененных пород на участке аномального поля г. Янгантау (по В.В. Штильмарку [1960])

Условные обозначения: 1 — выходы термально измененных пород на дневную поверхность; 2 — контур распространения их; 3 — контакт между тандакской и янгантауской свитами; 4 — скважины.

Fig. 10. Distribution of thermally altered rocks in the area of the anomalous field of Yangantau (according to V.V. Shtilmark [1960])

Legend: 1 — outputs of thermally altered rocks on the surface; 2 — the contour of their distribution; 3 — contact between the Tandak and Yangantaus Formations; 4 — wells.

д. Чулпан достигают значительной мощности. По данным Г.В. Вахрушева 1954 г., здесь наблюдаются очень крупные глыбы известняков размером до 2×5×10 м (рис. 11 А, Б).

При совместном с нами осмотре обнажений (рис. 11 А, Б) В.Д. Наливкин назвал их олистолитами в составе Чулпанского олистострома. Общая мощность этого глыбового горизонта колеблется от 100 до 200 м.

В районе устья р. Урдали бальзякская свита представлена глинистыми сланцами с прослоями мергелей и песчаников. К востоку от р. Юрюзань в составе свиты возрастает роль конгломератов, значительная мощность которых наблюдается в основании свиты на меридиане с. Турнали. Верхняя часть бальзякской свиты сложена преимущественно аргиллитами с прослоями мергелей и песчаников. Мощность ее по р. Юрюзань — 100–180 м.

Одновозрастные им подобные образования присутствуют и в районе Симской мульды, на олистостромовый характер которых впервые обратил внимание Ю.В. Казанцев [1981]. Они хорошо обнажены в районе г. Доменной, где давно известны как «брекчия Доменной горы». На левом берегу р. Сим, у плотины городского водохранилища и вплоть до г. Лысой прослежены Р.К. Шакуровым [1988], который привел последовательность напластований и фаунистическую характеристику горизонтов ее матрикса. По его данным, в олистолитах известняка обнаружены фораминиферы среднекаменноугольные, иногда верхневизейские и серпуховские, редко нижнепермские формы. Они располагаются на отложениях сакмарского яруса нижней перми, представленных переслаиванием известняков, мергелей и аргиллитов. При знакомстве с геологией этого района мы запечатлели фотоснимками особенности состава, характер наслоения и структурные взаимоотношения карбонатного олистолита (рис. 12) и вмещающей его массы (рис. 13). Непосредственно подстилающий разрез, обнаженный вдоль р. Сим, представлен карбонатно-терригенными породами с элементами выраженной дислоцированности (рис. 14 А, Б, В, Г).

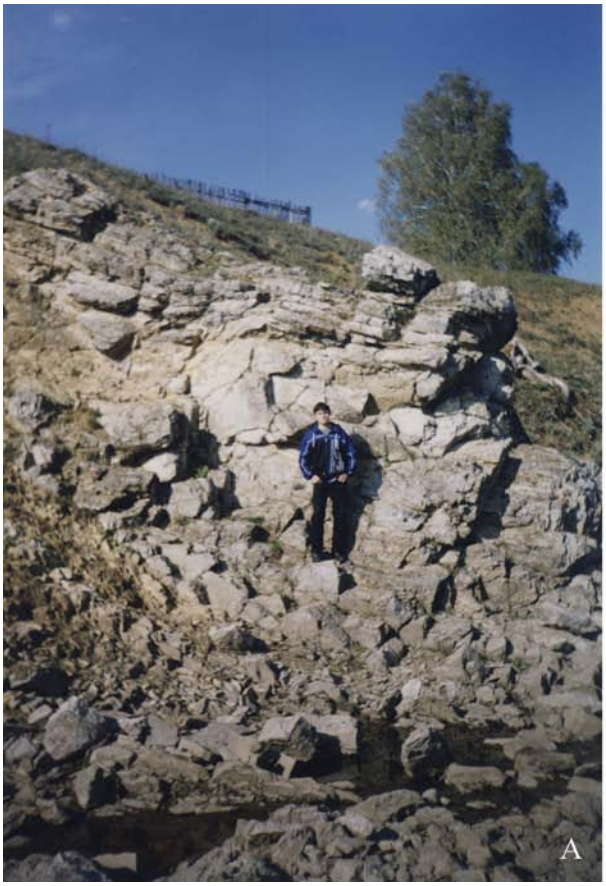


Рис. 11 А, Б. Крупные глыбы (олистолиты) известняка в бальзякской свите у д. Чулпан, правый берег р. Юрюзань
Fig. 11 A, B. Large lumps (olistoliths) of limestone in the Balziak suite near Chulpan village, right bank of the Yuryuzan river

Рис. 12. Олистолит известняка, тектонически залегающий на терригенных слоях — А
Fig. 12. Olistolite of limestone, tectonically lying on terrigenous layers — A

Рис. 13. Фрагмент рисунка 12 в точке А
Fig. 13. Fragment of figure 12 at point A

Рис. 14 А, Б, В, Г. Характер дислоцированности сланцево-терригенной толщи, вмещающей олистостром, в долине р. Сим

Fig. 14 А, Б, В, Г. The nature of the dislocation of the shale-terrigenous strata, in the valley of the river Sim, which encloses the olistostrom

Выводы

1. Все известные тепловые площадки в районе г. Янгантау находятся в пределах площади развития битуминозных пород янгантауской свиты артинского яруса перми. Не вызывает сомнений, что они являются *основным источником состава* целебных паров и газов горы. 2. Наблюдается зависимость между значениями прогрева пород и их составом. 3. Битуминозные породы янгантауской свиты рассматриваются как *нефтегазогенерирующие толщи сланцевого типа*, сопоставимые с доманикитами. 4. Присутствие в основании г. Янгантау олистострома, являющегося согласно современным представлениям индикатором высоких напряжений тангенциального сжатия, а также окрашенных в красные тона мергелей контактной зоны между янгантауской и тандакской свитами, позволяют признавать влияние геодинамического фактора как *энергетического источника генезиса* термальных явлений г. Янгантау.

Работа выполнена по теме госзадания № 0252-2014-0002.

Литература:

Вассоевич Н.Б., Корчагина Ю.И., Лопатин Н.В., Чернышев В.В. Главная фаза нефтегазообразования // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. – 1969. – № 6. – С. 3–27.

Исмагилов Р.А. О янгантауской свите как о нефтегазогенерирующем объекте // Геология. Известия Отделения о Земле и природных ресурсов. – Уфа, 2013. – № 19. – С. 106–108.

Казанцев Ю.В. Особенности строения Каратау на Южном Урале // Геотектоника. – 1981. – № 6. – С. 54–61.

Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Трансект через Южный Урал. – Уфа, 1992. – 21 с.

Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А. Структурная позиция, генезис и перспективы поиска медно-колчеданных руд на Южном Урале. // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40, № 2. – С. 175–185.

Казанцева Т.Т. Аллохтонные структуры и формирование земной коры. – М.: Наука, 1987. – 156 с.

Казанцева Т.Т. О генезисе термальных источников горы Янгантау на Южном Урале // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – Астрахань, 2007. – № 1 (25). – С. 68–70.

Казанцева Т.Т. Геодинамика и закономерности состава, строения и развития породообразующих минеральных систем // Минералы и минералообразование в природных и техногенных процессах: Всерос. Науч. Конф., посвящ. 40-летию Башкирск. отд. Российск. Минералог. Об-ва. – Уфа, 2009. – С. 45–49.

Казанцева Т.Т. К проблеме падения температур, дебитов горячих паров и сухих газов в недрах курорта Янгантау // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. – Уфа, 2013. – № 19. – С. 68–78.

Казанцева Т.Т. О происхождении и сохранении феномена горы Янгантау // Вестник академии наук РБ. – 2014. – Т. 19, № 3. – С. 16–28.

Казанцева Т.Т, Казанцев Ю.В. Структурный фактор в теоретической геологии. – Уфа, 2010. – 328 с.

Наливкин В.Д. Фации и геологическая история Юрюзано-Сылвенской депрессии. – М.: Гостоптехиздат, 1950. – 180 с.

Нигматулин Р.Н., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Бобохов А.С. Геология и генезис тепловых аномалий горы Янгантау. – Уфа: АН РБ, 1998. – 71 с.

Страхов Н.И., Осипов А.И. Битуминозные породы р. Юрюзань // Бюлл. МОИП. – 1935. – Т. 13(1). – С. 3–39.

Фаттахутдинов С.Г., Конюхов А.И., Хайретдинов И.А., Акбашев Р.Ш. К генезису современных терм Янгантау (Башкирия) // Тезисы 5 Всесоюз. совещ. по термобарохимии. – Уфа: БФАН СССР, 1976. – С. 149–150.

Черский Н.В., Царев В.П., Сороко Т.И. Влияние сейсмотектонических процессов на преобразование ископаемого органического вещества. – Якутск, 1982. – 56 с.

Шакуров Р.К. Нижнепермская олистострома Симской мульды // Тектоника и нефтегазоносность. – Уфа, 1988. – С 16–21.

Штильмарк В.В. Экзогенная термальная аномалия горы Янган-Тау в западном Приуралье // Доклады к собранию Международной Ассоциации гидрогеологов. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – С. 310–314.

References:

Cherskii N.V., Tsarev V.P., Soroko T.I. Vliianie seismogeologicheskikh protsessov na preobrazovanie iskopaemogo organicheskogo veshchestva [The influence of seismogeological processes on the transformation of fossil organic matter]. Yakutsk. 1982. 56 p. (In Russian).

Fattakhutdinov S.G., Koniukhov A.I., Khairetdinov I.A., Akbashev R.Sh. K genezisu sovremennykh term Yungantau (Bashkiriia) [To the genesis of the modern term Yangantau (Bashkiria)] // 5 Vses. Soveshch. po termobarokhimii [V Vses. sovshch. on thermobarochemistry]. Ufa: BFAN SSSR, 1976. P. 149–150. (In Russian).

Ismagilov R.A. O iangatauskoi svite kak o neftegazogeneriruiushchem obieekte [On the Yangatau Formation as an Oil and Gas Generating Object] // Geologiia Izvestiia Otdeleniia o Zemle i prirodnykh resursov [Geol. News of the Department of Earth and Natural Resources]. Ufa, 2013. No 19. P. 106–108. (In Russian).

Kazantsev Yu.V. Osobennosti stroeniia Karatau na Yuzhnom Urale [Features of the structure of Karatau in the Southern Urals] // Geotektonika [Geotectonics]. 1981. No 6. P. 54–61. (In Russian).

Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T. Transekt cherez Yuzhnyi Ural [Transect through the South Urals]. Ufa, 1992. 21 p. (In Russian).

Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A. Strukturnaia pozitsiia genezis i perspektivy poiska mednokolchedannykh rud na Yuzhnom Urale [Structural position, genesis and prospects for prospecting copper-pyrite ores in the Southern Urals] // Geologiia i geofizika [Geology and geophysics]. 1999. T. 40, No 2. P. 175–185. (In Russian).

Kazantseva T.T. Allokhtonnye struktury i formirovanie zemnoi kory [Allochthonous structures and formation of the earth's crust]. M.: Nauka, 1987. 156 p. (In Russian).

Kazantseva T.T. O genezise termalnykh istochnikov gory Iangantau na Yuzhnom Urale Yuzhno-Rossiiskii vestnik geologii geografii i globalnoi energii [On the Genesis of the Thermal Springs of Yangantau Mountain in the Southern Urals] // Yuzhno-Rossiyskiy vestnik geologii, geografii i global'noy energii [South-Russian bulletin of geology, geography and global energy]. No 1 (25). Astrakhan, 2007. P. 68–70. (In Russian).

Kazantseva T.T. Geodinamika i zakonomernosti sostava stroeniia i razvitiia porodoobrazuiushchikh mineralnykh sistem [Geodynamics and regularities of composition, structure and development of parent-forming mineral systems] // Mineraly i mineraloobrazovanie v prirodnykh i tekhnogennykh protsessakh Vserossiiskaia nauchnaia konferentsiia posviashchennaia 40-letiiu obrazovaniia Bashkirskogo otdeleniia Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva [Minerals and mineral formation in natural and technogenic processes All-Russian scientific conference dedicated to the 40th anniversary of the Bashkir Branch of the Russian Mineralogical Society]. 2009. P. 45–49. (In Russian).

Kazantseva T.T. K probleme padeniia temperatur debitov goriachikh parov i sukhikh gazov v nedrakh ku-rorta Iangantau [To the problem of temperature drop, debits of hot vapors and dry gases in the bowels of Yangintau resort] // Geologiia. Izvestiia Otdeleniia nauk o Zemle i prirodnykh resursov [Geology. News of the Department of Earth Sciences and Natural Resources]. Ufa, 2013. No 19. P. 68–78. (In Russian).

Kazantseva T.T. O proiskhozhdenii i sokhranenii fenomena gory Yangantau [On the origin and preservation of the Yangantau mountain phenomenon] // Vestnik akademii nauk RB [Vestnik of the Academy of Sciences of the Republic of Belarus]. 2014. V. 19, No 3. P. 16–28. (In Russian).

Kazantseva T.T., Kazantsev Yu.V. Strukturnyi faktor v teoreticheskoi geologii [Structural factor in theoretical geology]. Ufa, 2010. 328 p. (In Russian).

Nalivkin V.D. Fatsii i geologicheskaia istoriia Yuriuzano-Sylvenskoi depressii [Facies and geological history of the Juruzan-Sylvensky depression]. Moscow: Gostoptekhizdat, 1950. 180 p. (In Russian).

Nigmatulin R.N., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V., Bobokhov A.S. Geologiia i genezis teplovykh

anomalii gory Yangantau [Geology and genesis of thermal anomalies of Mount Yangantau]. Ufa: AN RAB, 1998. 71 p. (In Russian).

Shakurov R.K. Nizhnepermskaia olistostroma Simskoi muldy [Lower Permian olistostrome of the Simskaya Trough] // Tektonika i neftegazonosnost [Tectonics and oil and gas content]. Ufa, 1988. P. 16–21. (In Russian).

Shtilmark V.V. Ekzogennaia termalnaia anomaliia gory Yungan-Tau v zapadnom Priurale [Exogenous thermal anomaly of the Yangan-Tau mountain in the western Priurals] // Dokl. k sobr. Mezhdunar. Assots. gidrogeologov [Dokl. to coll. Intern. Ass. hydrogeologists].Moscow: Gosgeoltechizdat, 1960. P. 310–314. (In Russian).

Strakhov N.I., Osipov A.I. Bituminoznye porody r. Yuriuzan [Bituminous rocks of the river Yuruzan] // Biull. MOIP. T. 13 (1). 1935. P. 3–39. (In Russian).

Vassoevich N.B., Korchagina Yu.I., Lopatin N.V., Chernyshev V.V. Glavnaia faza neftegazoobrazovaniia [The main phase of oil and gas formation] // Vestnik MGU. Ser. 4. Geology. 1969. No 6. P. 3–27. (In Russian).

Сведения об авторе:

Казанцева Тамара Тимофеевна, академик АН РБ, доктор геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: ktt@ufaras.ru

About the author:

Kazantseva Tamara Timofeevna, Academician of AN RB, doctor of geological and mineralogical Sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: ktt@ufaras.ru

УДК 665.72 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-7

К ПЕРСПЕКТИВАМ СЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ ЯНГАНТАУСКОЙ СВИТЫ

© 2018 г. Р. А. Исмагилов

Реферат. В России работы по созданию сланцедобывающих рудников были начаты в 1916 г. В дальнейшем свыше 70% сланцев стало использоваться как топливо. Одной из территорий Республики Башкортостан, где известны отложения, содержащие в значительных количествах органическое вещество, является южная часть Юрюзано-Сылвенской депрессии. В 1942 г. Н.Г. Чочиа и Д.В. Наливкин выделили свиту битуминозных мергелей, которая получила название янгантауской. Полный разрез этой толщи был описан в районе г. Янгантау. По степени обогащенности органическим веществом в разрезе нижнепермских отложений на г. Янгантау выделяется несколько пачек. Наибольшие содержания органического вещества зафиксированы в верхней пачке, где $C_{орг.}$ колеблется от 5 до 14%. Вышеизложенное свидетельствует о перспективности янгантауской свиты на поиски углеводородов.

Ключевые слова: сланцевый газ, углеводороды, перспективы, гора Янгантау, янгантауская свита

TO THE PROSPECTS OF THE SHALE STRATA OF THE YANGANTAU SERIES

R. A. Ismagilov

Abstract. Shale-producing mines In Russia were established in 1916. Later, more than 70% of the shale was used as fuel. On the territory of the Republic of Bashkortostan, deposits containing significant organic matter are known in the southern part of the Yuryuzano-Sylvenskaya depression. In 1942, N.G. Chochia and D.V. Nalivkin identified a series of bituminous marls, which was called the Yangantau Formation. A complete section of this stratum was described in the vicinity of the mountain of Yangantau. According to the degree of enrichment of organic matter in the section of the Lower Permian deposits, several packs are allocated to the mountain of Yangantau. The highest content of organic matter is fixed in the upper pack, where Corg varies from 5 to 14%. The foregoing testifies to the prospects of the Yangantau series for hydrocarbons.

Key words: shale gas, hydrocarbons, prospects, Mount Yangantau, Yangantau series

Сегодня рынок мировой энергетики переживает кардинальные изменения, связанные с началом промышленной добычи сланцевого газа. Еще совсем недавно считалось, что такая добыча невозможна, но развитие технологий, в первую очередь в США, позволило подняться на новый уровень в мировой энергетике.

Что такое сланцевый газ? Это природный газ, добывающийся из широко распространенных в мире осадочных, глинистых, газоносных сланцевых пород, минералы в которых располагаются параллельными слоями. По составу сланец это смесь минеральной породы — кварца или полевого шпата — с органическим веществом, смолами. Доля органического вещества в породе колеблется от 2 до 65% [Исмагилов, 2012].

Сланцевый газ состоит преимущественно из метана с примесями сероводорода, углекислого газа, азота, водорода и гелия.

С древности сланцы использовались как горючее, особенно там, где с более качественным топливом были проблемы. Теперь же сланцевую «искусственную нефть» и газ все чаще называют прямыми конкурентами традиционным углеводородам.

В России работы по созданию сланцедобывающих рудников были начаты в 1916 г. в Эстляндской губернии. Позднее рудники появились и в соседней Петроградской. В дальнейшем свыше 70% сланцев стало использоваться как топливо. С помощью термической переработки из них получали смолу, бензин и горючие газы. Кстати, первоначально все газовые плиты Ленинграда снабжались именно сланцевым газом, который поступал по трубопроводу из эстонского Кохтла-Ярве. Из сланца получали лакокрасочные растворители, синтетические смолы, шпалопропиточное масло, дорожный битум и многое другое [Исмагилов, 2006].

Сланцевый газ по характеру залегания существенно отличается от традиционных скоплений его в поровых и трещинных коллекторах. Обычные залежи углеводородов являются водоплавающими, связанными с энергией пластовых вод. Благодаря меньшему удельному весу нефть и газ в них заполняют антиклинальные ловушки и положительные формы подземного рельефа.

В отличие от классических месторождений, в сланцах газовые пузыри непосредственно не связаны между собой и с подстилающими пластовыми водами. По этой причине газ в глинистых сланцах может содержаться в любых структурных формах (антиклиналях, синклиналях, моноклиналях и т.д.), а в скважину поступает не под напором пластовых вод, а под давлением силы сжатия [Исмагилов, 2017].

Одной из территорий Республики Башкортостан, где известны отложения, содержащие в значительных количествах органическое вещество, является южная часть Юрюзано-Сылвенской депрессии.

Присутствие органики в нижнепермских отложениях депрессии привлекало внимание исследователей с давних пор [Паллас, 1973] как одна из возможных причин, объясняющих аномально высокие температуры в недрах горы Янгантау [Нигматулин и др., 1998]. Первые публикации, содержащие данные об условиях накопления нижнепермских отложений, концентрации и содержания в них органического вещества, относятся к первой половине прошлого столетия. Наиболее значимый вклад в изучение этого района внесли Н.М. Страхов [Страхов, Осипов, 1935], С.С. Осипов [1938], изучившие аргиллитово-мергелистую толщу верхней половины артинской свиты.

В 1942 г. над песчано-сланцевой толщей бальзякской свиты артинского яруса нижней перми Н.Г. Чочиа и Д.В. Наливкин выделили свиту битуминозных мергелей (P_1ar_1 *jn*), которая получила название янгантауской. Полный разрез этой толщи был описан в районе г. Янгантау, поэтому она и получила такое название. Начиная от г. Салдаш на р. Юрюзань, янгантауская свита прослеживается полосой вдоль северного склона хребта Каратау и вдоль обоих крыльев Месягутовской и Юкаликуевской антиклиналей. Также она пользуется широким распространением в Симской мульде, слагая в основном вершины водоразделов. Лучшие ее обнажения находятся на р. Салдаш, на горах Куткантау, Янгантау, Кантунтау по р. Юрюзань, а также на р. Ай. Сложена янгантауская свита в основном темно-серыми, почти черными битуминозными мергелями, иногда имеющими неправильную линзовидную слоистость. В наиболее битуминозных разностях количество органического вещества достигает 14,7%, количество нерастворимого остатка в среднем равно 30% [Фаттахутдинов и др., 1978 г.].

Мощность янгантауской свиты колеблется от 260 м на г. Янгантау до 340 м на г. Кантунтау (ниже устья р. Урдали). В Месягутовской скважине и особенно на горе Кантунтау глинистыми сланцами сложена значительная часть разреза, где среди них появляются прослои песчаников, одновременно увеличивается и ее мощность.

По описанию К.А. и Л.А. Миловидовых [1949 г.] битуминозные мергели на г. Янгантау подразделяются на две разности: тонкослоистую, почти листоватую (толщина слоев от 1 мм до 1 см) и более толстослоистую (толщина слоев от 5 до 20 см и более). Толстослоистая разность битуминозных мергелей залегает в виде линз, которые облекаются тонкослоистой разностью. Величина этих линз от 0,5 до 5–10 м, а мощность от 10 см до 1–2 м. Характер слагающих линзы толстослоистых мергелей колеблется от черных, битуминозных, почти также сильно насыщенных битумом, как и тонкослоистой их разности, до светлых, почти небитуминозных. В последнем случае граница между линзами толстослоистых мергелей и тонкослоистыми битуминозными мергелями бывает резкая. В первом же случае наблюдается постепенный переход от тонкослоистой к толстослоистой разности мергелей.

Тонкослоистая разность является более битуминозной, что выражается в более сильном запахе и в более темном цвете — от темно-бурого до черного. Иногда в тонкослоистой разности мергелей наблюдается подобие косой слоистости. Наибольшие содержания органического вещества зафиксированы в известковых аргиллитах и мергелях верхней пачки, где $C_{орг}$ колеблется от 5 до 14%. Н.М. Страхов и С.С. Осипов выделяли два типа битуминозных сланцев — абдулинский и куткантауский. Первый тип сланцев формировался в мелководном бассейне, второй — в относительно глубоководном.

О.А. Радченко [1938] изучала состав куткантауских сланцев в обнажениях среднего течения р. Юрюзань. Содержание в них $C_{орг}$ достигало 4,7%, а хлороформом извлекалось из породы до 1,04% битумоида или 14% в расчете на органическое вещество (ОВ). В составе последнего C = 71,03%;

H = 5,71%; S = 6,92%; N = 0,96%; O = 15,38%. Низкие концентрации водорода в битумоиде (5,71%) О.А. Радченко объясняла ароматической природой вещества.

На основании микроскопического описания основная масса исследованных пород представлена пелитоморфными, глинисто-карбонатными сильно окремнелыми образованиями.

По степени обогащенности ОВ в разрезе нижнепермских отложений на г. Янгантау выделяется несколько пачек. Это пачка засоленных у поверхности серых, изредка пестроцветных мергелей, вскрытых в интервале 2–38 м в скв. 23, где $C_{орг}$ = 0,49–0,83%, что отвечает кларковым содержаниям для данного типа пород [Вассоевич, 1973]. Их подстилают известковые аргиллиты и мергели, более глинистые по составу, но совершенно иной, пестрой окраски: от светло-серых до кремовых, красных, бордовых. Ниже залегают такие же известковые и доломитизированные аргиллиты и мергели, в которых содержание $C_{орг}$ резко повышается — 1,6–5,6%. Образцы пород, отобранных из обнажений, также характеризуются повышенным содержанием $C_{орг}$ = 3,1–10,7%. По распределению ОВ породы янгантауской свиты не однотипны и в них встречаются прослои как с повышенным ($C_{орг}$ >5%), так и с пониженным ($C_{орг}$ <0,1%) его содержанием. Чаще всего в породах обнаруживаются концентрации, типичные для нормальных морских образований.

В большинстве случаев органическое вещество сингенетично вмещающим отложениям и находится в расслоенной форме. Общее количество углеводородов (УВ) в коренных породах неравномерно и изменяется от 10 г/м^3 до 970 г/м^3. Более высокие концентрации УВ (255–1680 г/м^3) зафиксированы в породах, обогащенных ОВ.

Геохимические исследования С.Г. Фаттахутдинова и др. [1978 г.] (табл.) позволили установить содержания и состав рассеянных форм органического вещества в отложениях янгантауской свиты. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

В отдельных зонах бассейна осадконакопления возникали условия, благоприятные для развития планктона, что создавало предпосылки для формирования осадков с повышенными концентрациями ОВ 10–15%.

Анализы показали, что основная масса ОВ сингенетична вмещающим породам.

Колебания концентраций органического вещества в породах изученного разреза — следствие не только условий седиментогенеза. Пестроокрашенные породы (кремовые, светло-серые, красные, бордовые), которые чередуются в разрезе с темно-серыми мергелями и характеризуются низкими содержаниями органического вещества и углеводородов, возникли вследствие вторичных гипергенных процессов, прежде всего, медленного окисления под влиянием кислорода воздуха. Органическое вещество в коренных породах изученного интервала в большинстве случаев также затронуто процессами гипергенеза, что объясняет резкое снижение содержаний в них органического вещества и углеводородов.

Вышеизложенное свидетельствует о перспективности янгантауской свиты на поиски углеводородов.

Литература:

Вассоевич Н.Б., Корчагина Ю.И., Гербер М.И., Митюшин Н.В., Орлова В.С., Фадеева Н.П. Особенности катагенеза рассеянного органического вещества в бедных коллекторами глинистых толщах // Известия АН СССР. Сер. геол. – 1973. – № 4. – С. 116–124.

Таблица

Содержание $C_{орг}$ нижнепермских отложений горы Янгантау по [Фаттахутдинов и др., 1978 г.]

Table

The content of organic carbon of the Lower Permian deposits of Mount Yangantau by [Fattahutdinov et al., 1978 г.]

Район отбора, скв.	Глубина, м	Порода	$C_{орг}$ %
Гора Янгантау	обнажение	Известковый пиритизированный сланец	10,73
Гора Янгантау, скв. К-5	40–49	мергель	5,4
Гора Янгантау	обнажение	горючий сланец	3,51
Гора Янгантау, скв. 23	20–33	мергель темно-серый	0,83
Гора Янгантау, скв. 23	73–76	брекчия	5,55

Исмагилов Р.А. Перспективы нефтегазоносности зилаирского синклинория Южного Урала // Бурение и нефть. – 2006. – № 7–8. – С. 12–13.

Исмагилов Р.А. Сланцевый газ как новый источник углеводородного сырья // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матер. IX Межрег. науч.-практ. конф. – Уфа, 2012. – С. 138–140.

Исмагилов Р.А. К вопросу о новом нефтегазогенерирующем объекте (янгантауская свита) // Актуальные вопросы университетской науки. – Уфа, 2017. – С. 74–79.

Нигматулин Р.И., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Бобохов А.С. Геология и генезис тепловых аномалий горы Янгантау / Отд-ние наук о Земле и экологии АН РБ. – Уфа, 1998. – 70 с.

Осипов С.С. Район горы Куткан-Тау на реке Юрюзани Башкирской АССР// Сборник «Природные газы СССР». – М.: ОНТИ, 1938. – С. 96–104.

Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российской империи. – М., 1773. – 395 с.

Радченко О.А. Химическое исследование битуминозных пород района горы Куткан-Тау// Труды НГРИ. – Л., 1938. – 121 с.

Страхов Н.М., Осипов С.С. Битуминозные породы реки Юрюзани: (очерки стратиграфии и литологии) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. – 1935. – Т. 13, № 1. – С. 3–41.

References:

Ismagilov R.A. Perspektivy neftegazonosnosti zilairskogo sinklinoriya YUzhnogo Urala. Burenie i neft' [Prospects of oil and gas potential of the Zilairian synclinorium of the Southern Urals]. 2006. No 7–8. P. 12–13 (In Russian).

Ismagilov R.A. Slancevyj gaz kak novyj istochnik uglevodorodnogo syr'ya [Shale gas as a new source of hydrocarbon raw materials] // Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoehkologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorij Materialy IX Mezhregional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii [Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Materials of the IX Interregional Scientific and Practical Conference]. Ufa, 2012. P. 138–140 (In Russian).

Ismagilov R.A. K voprosu o novom neftegazogeneriruyushchem ob"ekte (yangantauskaya svita) [On the issue of a new oil and gas producing facility (Yangantau suite)] // Aktual'nye voprosy universitetskoj nauki sbornik nauchnyh trudov [Actual problems of university science collection of scientific papers]. Ufa, 2017. P. 74–79 (In Russian).

Nigmatulin R.I., Kazanceva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazancev YU.V., Bobohov A.S. Geologiya i genezis teplovyh anomalij gory Yangantau [Geology and Genesis of Thermal Anomalies of Mount Yangantau]. Ufa, 1998. 70 p. (In Russian).

Osipov S.S. Rajon gory Kutkan-Tau na reke Yuryuzani Bashkirskoj ASSR [Kutkan-Tau mountain region on the Yuryuzani river of the Bashkir ASSR] // Sbornik "Prirodnye gazy SSSR" [Collection "Natural gases of the USSR"]. Moscow: ONTI, 1938. P. 96–104 (In Russian).

Pallas P.S. Puteshestvie po raznym provinciyam Rossijskoj imperii [Journey to different provinces of the Russian Empire]. Moscow, 1973. 395 p. (In Russian).

Radchenko O.A. Himicheskoe issledovanie bituminoznyh porod rajona gory Kutkan-Tau [Chemical study of bituminous rocks of the Kutkan-Tau mountain region] // Trudy NGRI. Leningrad, 1938. 121 p. (In Russian).

Strahov N.M., Osipov S.S. Bituminoznye porody reki YUryuzani (ocherk stratigrafii i litologii) [Bituminous rocks of the river Juruzani (an outline of stratigraphy and lithology)] // Byulleten' MOIP [Bulletin of the Moscow Inter-Parliamentary Assembly of the USSR]. Otd. geol. 1935. V. 13, No 1. P. 3–41 (In Russian).

Vassoevich N.B., Korchagina Iu.I., Gerber M.I., Mitiushin N.V., Orlova V.S., Fadeeva N.P. Osobennosti katageneza rasseiannogo organicheskogo veshchestva v bednykh kollektorami glinistykh tolshchakh [Features of the catagenesis of dispersed organic matter in clay strata poor in collectors] // Izvestiia AN SSSR. Ser. Geol. 1973. No 4. P. 116–124 (In Russian).

Сведения об авторе:

Исмагилов Рустем Айратович, кандидат геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: rustem_ismagilov@bk.ru

About the author:

Ismagilov Rustem Ayratovich, candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: rustem_ismagilov@bk.ru

УДК 551 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-8

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ГЕНЕЗИСЕ ТЕПЛОВЫХ АНОМАЛИЙ ГОРЫ ЯНГАНТАУ

© 2018 г. Т. Т. Казанцева

Реферат. Наряду с развитием в районе битуминозной толщи сланцевого строения янгантауской свиты артинского яруса перми, которая рассматривается как нефтегазогенерирующая, приводятся материалы и соображения о доминанте структурно-тектонического фактора в определении генезиса «янгантауского феномена». Обнаружение природного энергетического источника, обоснованного особенностями структурной геологии района, а также присутствие в основании горы Янгантау олистострома, являющегося индикатором высоких напряжений тангенциального сжатия, явились основой новой геодинамической модели генезиса термоаномалий горы Янгантау.
Ключевые слова: структурная геология, тектоника, антиклиналь, сдвиг, надвиг, аллохтон, олистостром, геодинамика, модель

STRUCTURAL-TECTONIC FACTOR IN GENESIS THERMAL ANOMALIES OF THE MOUNTAIN YANGANTAU

T. T. Kazantseva

Abstract. Along with the data concerning the development of bituminous deposits of the Yangantau Formation of the Artinskian stage of the Permian system, which is considered to be oil and gas-producing, materials and considerations on the dominant structural and tectonic factor in the genesis of the "Yangantau phenomenon" are given. The discovery of a natural energy source based on the structural geology of the area, as well as the presence of the olistostrome at the base of Yangantau Mountain, which is an indicator of high tangential compression stresses, permitted to suggest a new geodynamic model of the genesis of the Yangantau mountain thermal anomalies.
Key words: structural geology, tectonics, anticline, shear, thrust, allochthon, olistostrom, geodynamics, model

Структурно-тектонические условия достаточно полно освещены в работах: [Нигматулин и др., 1998; Nigmatulin et al., 1998; Казанцев и др., 1999; Казанцева 2007; Фаттахутдинов и др., 1976] и др. В них доказывалось, что структурные особенности и современная геодинамика района г. Янгантау определяются ее местоположением в сложном узле тектонического взаимодействия контрастных по составу и строению структур. С одной стороны, это крупный Каратауский аллохтон, с другой — комплекс сравнительно малоамплитудных пластин южного окончания Юрюзано-Сылвенской впадины Предуральского передового прогиба.

Особенности структурной геологии Юрюзано-Сылвенской впадины

Наиболее важной особенностью структуры Юрюзано-Сылвенской впадины является развитие региональных надвигов, контролирующих размещение и морфологию пликативных дислокаций (рис. 1).

По данным бурения и детальных геолого-геофизических исследований в ее пределах выделено несколько тектонических пластин. Констатируется, что строение каждой тектонической пластины включает интенсивно дислоцированный фронт, меньшее смятие прифронтальной зоны и субгоризонтально залегающие слои тыловой части пластины. Это наглядно отражено в представляющей для нас особый интерес Месягутовской пластине, образованной одноименным надвигом. Она обнажается на западном крыле Юрюзано-Сылвенской впадины в виде полосы шириной до 18 км, прослеженной на 100 км в бассейне рек Юрюзань и Ай в северо-восточном направлении. Месягутовский надвиг погружается на юго-восток и восток под углами вначале 55°, а на глубине 2,0–3,5 км — 25°.

В соответствии со схемой изученности нами этой пластины (рис. 2) она осложнена многочис-

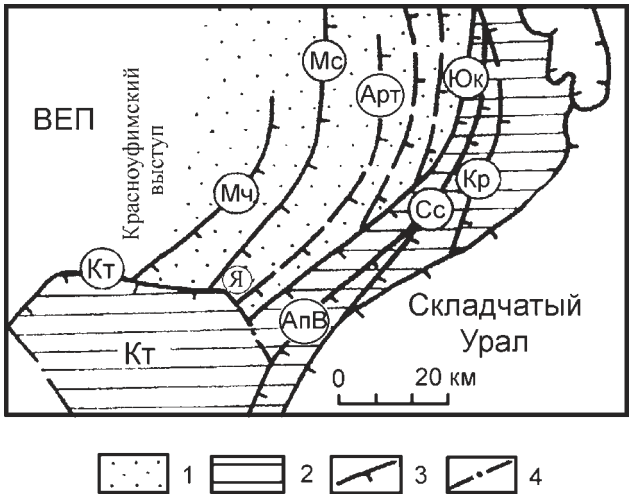


Рис. 1. Схема структурной геологии зоны сочленения Юрюзано-Сылвенской впадины с Каратауским аллохтоном

Условные обозначения: 1 — фации Юрюзано-Сылвенской впадины; 2 — формации Каратауского аллохтона; 3 — региональные надвиги; 4 — сдвиги. Буквы в кружках — фронтальные надвиги тектонических пластин: Мч — Мечетлинский, Мс — Месягутовский, Арт — Артинский, Юк — Юкаликулевский, Сс — Сосновский, Кр — Карантауский, Кт — Каратауский надвиг. Я — Янгантау

Fig. 1. Scheme of structural geology of the junction zone of the Juruzano-Sylva depression with the Karatau allochthon

Legend: 1 — facies of the Yuruzano-Sylvensky depression; 2 — formations of the Karatau allochthon; 3 — regional thrusts; 4 — shifts. The letters in the circles are frontal thrusts of tectonic plates: Мч — Mechetlinsky, Мс — Mesyagutovsky, Арт — Artinsky, Юк — Yukalikulovsky, Сс — Sosnovsky, Кр — Karantausky, Кт — Karatau overthrust. Я — Yangantau.

ленными разрывами иногда встречного падения, имеющими небольшие (десятки – первые сотни метров) амплитуды горизонтального смещения. Все они ниже пластинообразующего Месягутовского надвига не прослеживаются.

Изучение геологического строения Месягутовской тектонической пластины показало, что фронтальная ее часть значительно дислоцирована (рис. 3).

В овраге, спускающемся к р. Юрюзань в 1200 м от автодороги Малояз – Мечетлино, разрабатывался карьер строительного камня, который вскрыл нижнепермские алевролиты, аргиллиты, мергели и органогенные известняки, лежащие субвертикально, с азимутом простирания 15–25° (обн. № 1506). Породы смяты, причудливо изогнуты, тектонически раздроблены. В них отмечается мелкая (размах крыльев от сантиметров до метра) складчатость, будинаж, раздробленность (обн. № 1508).

На северо-восточной окраине с. Саргамыш обнажаются окремнелые мергели с красным оттенком, переслаивающиеся с аргиллитами и известняками (обн. № 1509, рис. 3). Породы простираются на северо-восток согласно с линией выхода надвига и имеют субвертикальное залегание. Отдельные слои смяты в сантиметровые (до метра) складки волочения, а в глинистых отложениях наблюдается микроскладчатость. Здесь же в каменном карьере нижнепермские отложения представлены причудливо изогнутыми, наклоненными на юго-восток пачками детритовых и афанитовых известняков, содержащих прослои кремней, мергелей, аргиллитов, алевролитов и песчаников. Местами, чаще в замках складок, отмечается повышенное рассланцевание.

В 2–2,5 км от фронта Месягутовского надвига в тыловой зоне отложения нижней перми приобретают горизонтальное и субгоризонтальное залегание. Так, на северной окраине с. Мещегарово в каменном карьере вскрываются пласты битуминозных мергелей, лежащие горизонтально. Такое же

Рис. 2. Схема размещения изученных обнажений пермских пород в Месягутовской пластине

Условные обозначения: 1 — обнажение и его номер; 2 — элементы залегания пород; 3 — надвиги (Мс — Месягутовский, Юк — Юкаликулевский, Арт — Артинский); 4 — линии сейсмопрофилей: А — 129226, Б — 129239, В — 129238

Fig. 2. Scheme of location of the studied outcrops of Permian rocks in the Mesyagutovo sheet

Legend: 1 — exposure and its number; 2 — elements of occurrence of rocks; 3 — thrusts (Мс — Mesyagutovsky, Юк — Yukalikulovsky, Арт — Artinsky); 4 — lines of seismic profiles: А — 129226, Б — 129239, В — 129238

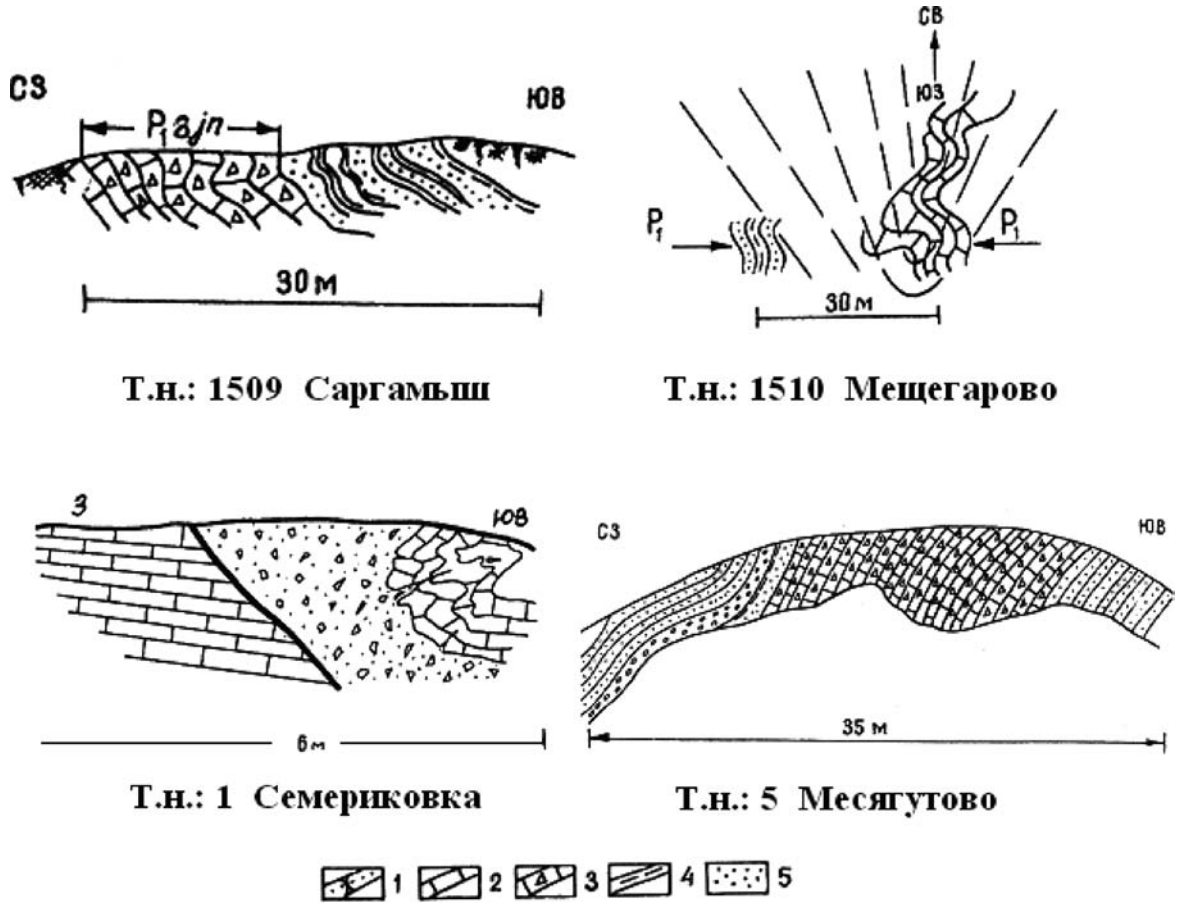


Рис. 3. Характер дислоцированности фронтальной зоны Месягутовской пластины

Условные обозначения: т.н. — точки наблюдения (соответствуют номерам на рис. 2); 1 — песчаники; 2 — известняки; 3 — органогенные известняки; 4 — алевролиты, аргиллиты и песчаники; 5 — конгломераты

Fig. 3. The character of the dislocation of the front zone of the Mesyagutovo sheet

Legend: т.н. — observation points (correspond to the numbers in Fig. 2); 1 — sandstones; 2 — limestones; 3 — organogenic limestones; 4 — siltstones, mudstones and sandstones; 5 — conglomerates

положение имеют слои нижнепермских пород на северной окраине с. Ахуново, где они вскрыты каменным карьером (обн. № 1513). Аналогичное горизонтальное залегание характерно для нижнепермских пород и перед фронтом Месягутовского надвига. В карьере у дороги из Мещегарово в с. Шарипово вскрыты породы нижней перми, слагающие фронтальную зону Месягутовского надвига. Они смяты и будинированы, вытянуты в северо-восточном направлении с падением на юго-восток под углом 45°. В районе с. Семериковки (левый берег р. Ай) фронт Месягутовского надвига обнажен на южном склоне вершины, расположенной юго-западнее скотного двора. Здесь, в каменном карьере, вскрыты плитчатые крупнокристаллические известняки с криноидеями, содержащие прослои мергелей, аргиллитов, кремней, алевролитов. Породы погружаются на юго-восток под углами 8–10°. Они причудливо смяты, тектонически раздроблены.

Северо-восточнее по простиранию Месягутовской структуры, на южной окраине с. Месягутово (правый берег р. Ай), фронт надвига обнажен в каменном карьере на юго-западном склоне вытянутого на северо-восток невысокого хребта, где породы нижней перми волнисто изогнуты и падают по азимуту 295°, под углом 62° (рис. 3).

Вдоль лобовой зоны Месягутовской пластины нижнепермские и каменноугольные отложения смяты в линейные (фронтальные) антиклинальные складки, наиболее характерной из которых является Месягутовская антиклиналь, представленная лишь сводом и северной периклиналью. Она выделена в южной части пластины. Складка вытя-

нута в северо-восточном направлении на 30 км при ширине 3–6 км и высоте чуть более 250 м. В поперечном сечении имеет отчетливое асимметричное строение: слои на западном крыле падают под углами до 70°, а на восточном — 5°.

В центральной части Месягутовской пластины выявлен куст малоамплитудных разрывов, ответственных за размещение аномальных явлений района. Мы назвали их Янгантаускими дислокациями. Определен их надвиговый характер, установлено западное направление падения сместителей. На поверхности Янгантауские дислокации приурочены к уступу вершинной части горы и погружаются к западу. В продольном разрезе положение надвига и тепловой плоскости по данным геофизики иллюстрируется рисунками 4 и 5. Для них характерно близповерхностное расщепление, в связи с чем предположительно сопряженные между собой сколы наблюдаются и восточнее г. Янгантау. Здесь дислокации маркируются брекчированием, окремнением, гипсацией и кальцитизацией толщ. На глубине по данным бурения замечено полное поглощение промывочной жидкости в интервале вскрытия нарушения.

Выходы на дневную поверхность описываемых дислокаций приурочены к разнопрочностным толщам. На г. Янгантау они тяготеют к границе янгантауской и тандакской свит артинского яруса перми [Казанцева, 2018, в настоящем журнале].

К строению Каратауского структурного комплекса

Каратауский структурный комплекс в современном виде имеет форму скошенной призмы толщиной от 1 до 5 км. Геология его показана на рисунке 6.

В составе Каратауского структурного комплекса принимают участие образования возрастного диапазона от позднего рифея до позднего палеозоя включительно. Докембрийские образования представлены верхним рифеем (каратауская серия) и вендом (ашинская свита). Рифей-вендские образования представлены терригенными породами с кластикой преимущественно кварцевого и полевошпатового типа. Они крепкие, устойчивые к разрушению. Палеозойские отложения начинаются со среднедевонских терригенно-карбонатных слоев мощностью от 0 до 250 м, сменяемых вверх по разрезу вначале терригенно-глинистыми, а затем преимущественно карбонатными породами верхнего отдела девона мощностью около 300 м. Далее следует нижний карбон, сложенный в основном карбонатными отложениями с глинистыми разностями в составе бобриковского горизонта визейского яруса. Общая мощность нижнего карбона 500–550 м. Средний карбон также преимущественно карбонатный, к востоку — с возрастающей глинистостью до аргиллитов. Его мощность 400 м.

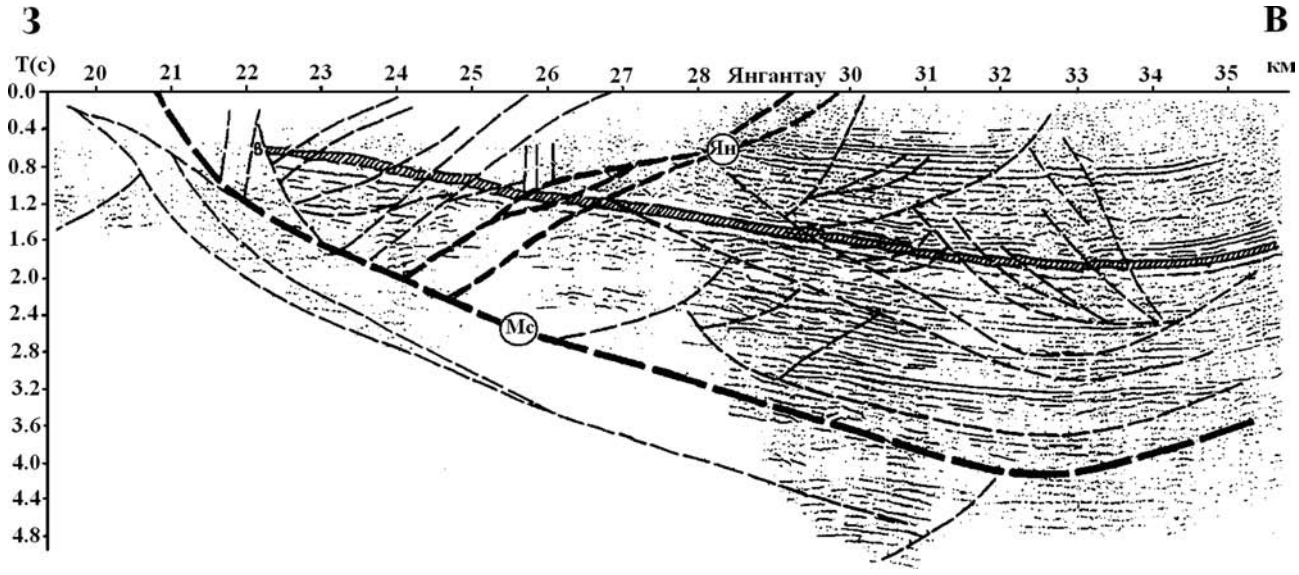


Рис. 4. Характер дислоцированности осадочных толщ палеозоя Месягутовской пластины по сейсмопрофилю 129226

Условные обозначения: Мс — Месягутовский надвиг; Ян — Янгантауские дислокации

Fig. 4. The character of dislocations of sedimentary sequences in the Paleozoic Mesyagutovo sheet at the seismic profile 129226

Legend: Мс — Mesyagutovo thrust; Ян — Yangantau dislocations

Верхний карбон слагают известняки мощностью 200 м. Выше располагаются ритмично переслаивающиеся песчаники, алевролиты и аргиллиты перми. В них известны горизонты крупноглыбовых образований — олистостром. Мощность достигает 1500 м.

Структурное положение, происхождение и внутреннее строение рассматривалось с диаметрально противоположных позиций. В более ранних работах структурный комплекс Каратау представлялся приподнятым вертикальными разломами блоком платформы [Шатский, 1945; Келлер, 1945 и др.]. Позднее определен как шарьяж [Камалетдинов, 1974]. Согласно современным представлением *Каратауский структурный комплекс* рассматривается как крупная аллохтонная структура, фронтальная часть которой *ограничена поверхностью Каратауского надвига, а боковые зоны — Ашинским и Юрюзанским сдвигами* [Казанцев, 1981]. Судя по

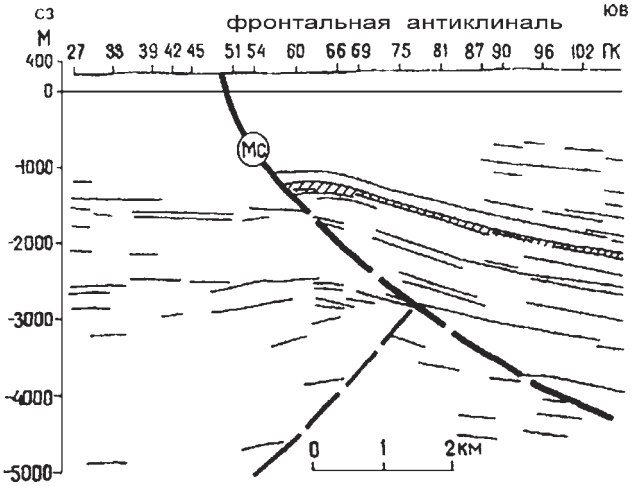


Рис. 5. Месягутовский надвиг на сейсмопрофиле 56

Fig. 5. Mesyagutovo thrust at the seismic profile 56

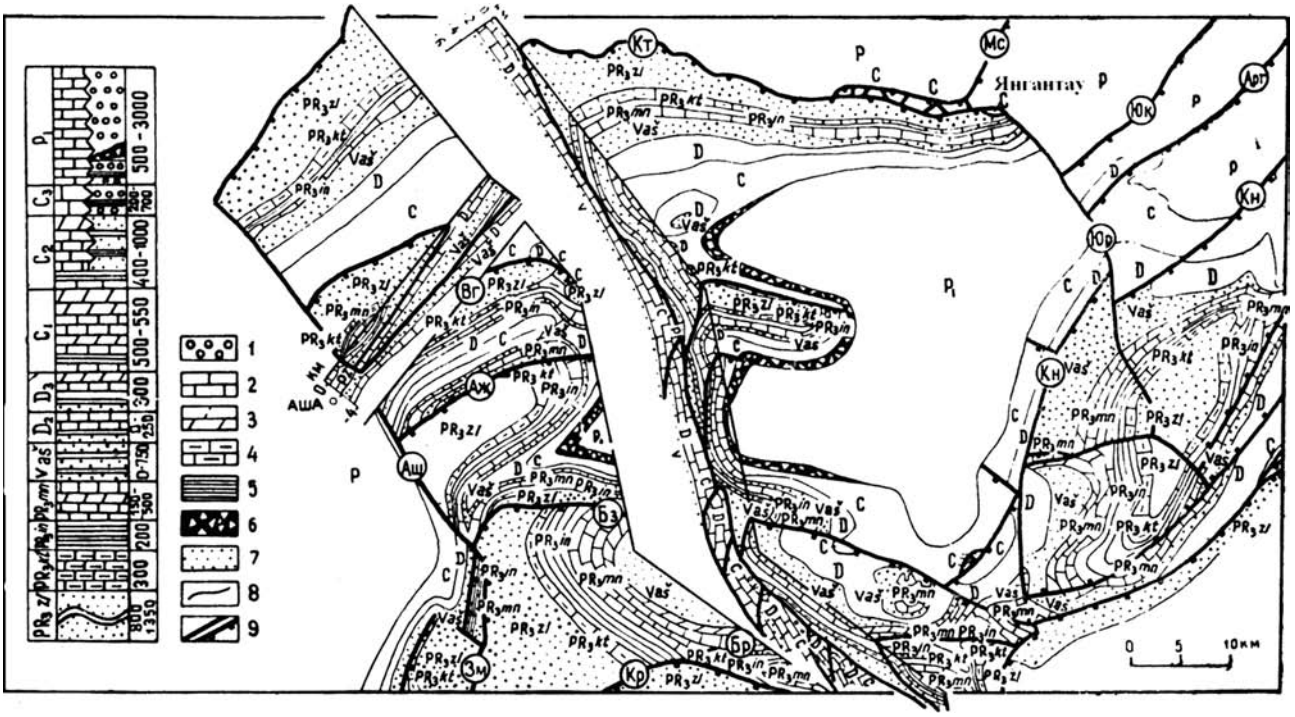


Рис. 6. Геологическая карта Каратау (по Ю.В. Казанцеву)

Условные обозначения: 1 — конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, прослои известняков (моласса); 2 — преимущественно известняки; 3 — доломиты; 4 — мергели; 5 — аргиллиты, алевролитистые аргиллиты, сланцы; 6 — глыбовый горизонт (олистострома); 7 — преимущественно песчаники и кварцито-песчаники; 8 — стратиграфические границы; 9 — тектонические нарушения (а), в том числе с установленным направлением падения поверхности смещения (б). Буквами в кружочках показаны надвиги: Кт — Каратауский, Вг — Воробьиных гор, Аж — Ажигардакский, Бз — гор Березовых, Зм — Зильмердакский, Мс — Месягутовский, Юк — Юкаликулевский, Арт — Артинский, Кн — Казанский, Бр — Бархатный, Кр — Курякский; и сдвиги: Аш — Ашинский, Юр — Юрюзанский.

Fig. 6. Geological map of Karatau (after Yu.V. Kazantsev)

Legend: 1 — conglomerates, sandstones, siltstones, argillites, intercalations of limestones (molasses); 2 — mainly limestones; 3 — dolomites; 4 — marl; 5 — argillites, siltstones, shales; 6 — block horizon (olistostrome); 7 — mainly sandstones and quartzite-sandstones; 8 — stratigraphic boundaries; 9 — tectonic disturbances (a), including the established direction of the dipincidence of the displacement surface (b). The letters in the circles show overthrusts: Кт — Karatau, Вг — Vorobynykh Gory, Аж — Azhigardaksky, Бз — Berezovye, Зм — Zilmerdak, Мс — Mesyagutovsky, Юк — Yukalikulovsky, Арт — Artinsky, Кн — Kazan, Бр — Velvet, Кр — Kuryaksky; and shifts: Аш — Ashinsky, Юр — Yuryuzansky.

геофизическим материалам, он располагается над прогибом кристаллического фундамента платформы, в осевой зоне которого фундамент погружается до глубины 12 км [Шакуров и др., 1988]. Непосредственно к северо-западу от Каратауского аллохтона фиксируется выступ кристаллического фундамента, называемый Красноуфимским.

Соответственно тип *Каратауского дизъюнктива* долгие годы также не имел однозначного определения. Одними он рассматривался как вертикальный разрыв сплошности пород — взброс, другими — как надвиг докембрийских образований на палеозойские фации Предуральского прогиба. В конце девятнадцатого столетия приверженцами первого варианта были Ф.Н. Чернышев и многие его последователи. Надвиговая природа этого тектонического нарушения с 1923 г. признавалась А.Н. Заварицким. В.Д. Наливкин, Н.Г. Чочиа и С.М. Домрачев, затем Н.В. Дорофеев и В.Н. Рябинин рассматривали разрывы этой структуры как надвиги, и даже серию чешуйчатых надвигов. Н.С. Шатский [1945], несмотря на общие представления о структуре этого района в фиксистском плане, в отношении Каратауского разлома писал: «северный разлом массива хребта Каратау является надвигом, амплитуда перемещения которого в западной части достигает 2000 м» (цитировано по Р.К. Шакурову [1988а, б]). Позже также весьма профессиональные геологи, изучающие геологию района г. Янгантау, считали его либо вертикальным нарушением [Вахрушев, 1954ф], либо Каратауским надвигом [Штильмарк, 1960].

Следует обратить внимание на тот факт, что только по наличию либо отсутствию надвиговых дислокаций судить о стиле тектоники (мобилизм это или фиксизм) безосновательно. Фиксисты употребляют этот термин не реже, чем мобилисты, тем более, в данном случае, только для подтверждения надвиговой природы одного из разрывов сплошности пород любого региона. Это общеизвестно. Делать из этого далеко идущие выводы, вплоть до создания на этой основе новой мобилистской теории формирования земной коры — удел исследователей, не обладающих достаточностью знаний. Удивительно, что такого рода статьи публикуют уважаемые издания, например журнал «Природа».

Каратауский аллохтон сложен несколькими субпараллельными тектоническими пластинами широтного простирания (Каратауская, Воробьиногорская, Ажигардакская, Березовогорская и др.), фронтальные зоны которых осложнены одноименными антиклиналями, представленными породами верхнего рифея и палеозоя. Нижнепермские отложения непосредственно не участвуют в формировании этих дислокаций, они выполняют наложенную отрицательную структуру, известную под названием Симской мульды. На востоке располагается крупная Сулеймановская антиклиналь, прослеживающаяся в северо-восточном направлении на 50 км [Казанцев, 1981].

В излучине р. Юрюзань против вершины Янгантау в соприкосновение с каменноугольными породами, слагающими южное крыло Каратауской структуры и простирающимися в северо-восточном направлении, входят мергели янгантауской свиты артинского яруса перми Месягутовской пластины, определяя положение ***Юрюзанского сдвига***. Сразу отметим, что *все известные в районе тепловые источники, в том числе и янгантауский феномен, приурочены к зоне влияния Юрюзанского сдвига*. Это тектоническое нарушение, фиксирующееся в долине р. Юрюзань, протягивается на юго-восток почти до отрогов хр. Юрмала, где ограничивается поверхностью надвига северо-западного падения. Нарушением затронута и Сулеймановская антиклиналь, южная половина которой оказалась на 0,5–2 м надвинута на северо-запад по отношению к ее северной части. Ширина зоны Юрюзанского сдвига более 500 м. В связи с приуроченностью ее к долине реки, тектоническая выраженность замаскирована рыхлыми отложениями. Однако можно наблюдать, что перемещения вдоль него оказали мощное воздействие на сопредельные породы Месягутовской пластины. Из таких прекрасно обнаженных дислокационных участков хорошо изучены Ахуновские и Янгантауские дислокации. ***Ахуновская зона смятий*** наблюдалась нами на участке тракта Месягутово – Малояз на расстоянии более 500 м. В современном рельефе она выражена чрезвычайно высокой степенью дробления и смятия толщ в узлах пересечения Юрюзанского сдвига с фронтальными частями Месягутовской пластины Юрюзано-Сылвенской впадины, где представлена слоистыми толщами, залегающими под углами от 40 до 80°. Их литологический состав и возраст, скорее всего, соответствуют карбону Каратауского структурного комплекса. Во всяком случае, М.Н. Страхов и С.С. Осипов [1935] так показали на составленной ими геологической карте области распространения битуминозных сланцев р. Юрюзань. Четкая слоистость пород благоприятствует наблюдению характера их деформированности (рис. 7). Фиксируются всевозможные причудливые

межслоевые дислокации. Между моноклинально залегающими пачками располагаются петлеобразные, закрученные и лежачие складки (рис. 8), оторванные от корней и катаклазированные (рис. 9). Прослоям известняка свойственен будинаж, участкам субстрата, перетертым до глинистого состояния, — дробление и милонитизация (рис. 10). В терригенных слоях наблюдаются мелкочешуйчатые надвиги и образованные ими своды положительных структур (рис. 11). В отдельных частях обнажения присутствуют бурые пятна ожелезнения, темноокрашенные участки пелитоморфного вещества (рис. 12А), которые интерпретировались как вторичные изменения в породах, содержащих органическое вещество. На обочине тракта в основании зоны смытия закопушкой вскрыты слоистые красно-бурой окраски мергели янгантауской свиты, залегающие горизонтально (рис. 12Б).

Эти факты означают, что сильно деформированное обнажение карбона Каратауского аллохтона тектонически располагается на горизонтально залегающих отложениях янгантауской свиты артинского яруса перми. Такие структурные соотношения: а) определяют, что Юрюзанский сдвиг можно считать надвиго-сдвигом; б) объясняют смысл выражения В.В. Штильмарка «...Месягутовская антиклиналь, на юго-восточном крыле которой находится изучаемая гора, в тектоническом отношении представляет собой северо-восточное продолжение надвига Каратау. На широте д. Мечетлинки ее северо-западное крыло усложняется крутым надвигом, по которому янгантауская свита контактирует с ахуновской свитой известняков верхнего карбона, что определяет амплитуду надвига (взброса) в 300–350 м. Этот надвиг в долине р. Юрюзань, в 7–8 км от г. Янгантау, переходит в надвиг хр. Каратау, соединяясь с третьим надвигом, проходящим по левому берегу р. Юрюзань и ограничивающим Каратауский блок с востока...» [1960, с. 318]; в) являются благоприятными для обнаружения здесь бурением неизвестных ранее тепловых площадок. Из приведенной цитаты следует, что Юрюзанский сдвиг этот исследователь считал надвигом, что, с нашей точки зрения, не лишено оснований. С удовольствием отмечаю, что видение В.В. Штильмарком особенностей тектонического строения рассматриваемого объекта вполне сопоставимо с нашими современными построениями.

Ашинский сдвиг, ширина которого в пределах 20–200 м, согласно М.А. Камалетдинову [1974], также выражен интенсивным смятием и дроблением

Рис. 7. Зона смятия у восточной окраины д. Ахуново, вдоль тракта Месягутово – Малояз

Fig. 7. The crushing zone at the eastern outskirts of the village of Akhunovo, along the Mesyagutovo – Maloyaz road

Рис. 8. Дробление пород с участием лежачей складки, там же
Fig. 8. Crushing of rocks with recumbent folds, ibid

Рис. 9. Складчато-катакластический фрагмент, западнее
Fig. 9. The folded-cataclastic fragment, to the west

Рис. 10. Зона милонитизации и дробления вдоль дороги Ахуново – Чулпан
Fig. 10. Zone of mylonization and crushing along the road Ahunovo – Chulpan

Рис. 11. Мелкочешуйчатые дислокации, осложненные принадвиговыми антиклиналями, обнаженные у дороги Ахуново – Чулпан
Fig. 11. Fine-scale dislocations with thrust-complicated anticlines, exposed near the road Ahunovo – Chulpan

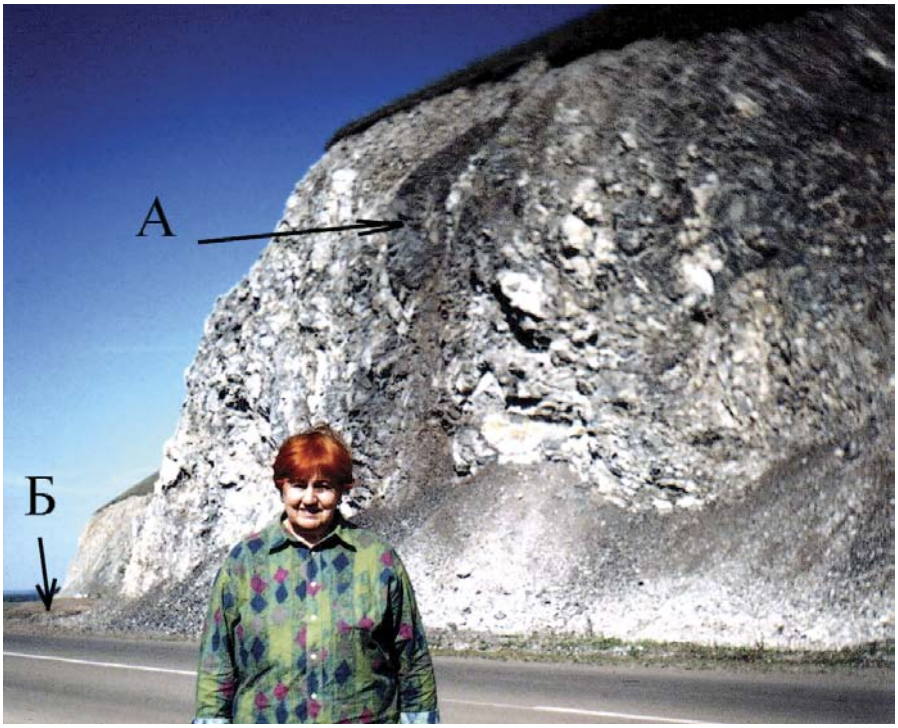


Рис. 12. Ахуновские дислокации восточнее предыдущего обнажения с участием нескольких видов деформаций: брекчирования, смятия, милонитизации

Условные обозначения: А — темноокрашенные линзы пород, которые рассматривались В.В. Штильмарком как результат медленного окисления органического вещества; Б — горизонтально залегающие янгантауские бурые мергели, вскрытые «закопушкой» у основания обнажения.

Fig. 12. Akhunov dislocations to the east of the previous outcrop including several types of deformations: brecciation, crumpling, mylonitization

Legend: A — dark-colored lenses of rocks, which were considered by V.V. Shtil'mark as a result of slow oxidation of organic matter; B — horizontally lying Yangantausky brown marls, uncovered by a digging at the base of the outcrop.

толщ. Вдоль этого тектонического нарушения породы каратауской серии контактируют с отложениями перми. В полосе, примыкающей к контакту, они простираются согласно с линией сдвига и поперечно к надвигам Каратауского аллохтона. Прямолинейная в плане граница Ашинского сдвига свидетельствует о крутом падении поверхности нарушения. Это положение подтверждено скважиной 33, пробуренной на южном склоне хребта Каратау вблизи линии сдвига. Названная скважина прошла разрез от визейского яруса нижнего карбона до ашинской свиты венда в нормальной стратиграфической последовательности, не вскрыв тектонического контакта.

Ашинский и Юрюзанский дизъюнктивы имеют в основном субвертикальные плоскости смещения. Амплитуда Ашинского сдвига оценивается десятками километров, Юрюзанского — около 5 км. В результате Каратауский аллохтон развернут почти под прямым углом к структурам Урала, а зональность в размещении фаций артинского яруса перми на территории Симской мульды приобрела долготное направление, а не широтное в отличие от Предуралья.

Итак, Каратауский структурный комплекс представляет собой крупное аллохтонное тело в виде скошенной призмы, ограниченной Каратауским надвигом, Ашинским и Юрюзанским сдвигами. Угол сочленения Каратауского надвига с Юрюзанским сдвигом приходится на тот участок сопредельной Месягутовской пластины, где расположена г. Янгантау. Значительная ширина Юрюзанского сдвига и петлеобразное русло протекающей по нему р. Юрюзань позволяют предполагать «зигзагообразный» характер дизъюнктива, с наличием вдоль него выступов более жестких пород.

Особенности контакта этой дислокации с тектоническими пластинами Юрюзано-Сылвенской впадины, состав и каменноугольный возраст пород Ахуновской зоны смятия сопоставимы с соседними

одновозрастными образованиями Каратауского аллохтона и Месягутовской пластины, что позволяет рассматривать Ахуновские дислокации в качестве останца Каратуского аллохтона, надвинутого здесь на янгантаускую свиту Месягутовской пластины.

В.Г. Вахрушев [1954ф], не соглашаясь с гипотезой тектонического происхождения тепла г. Янгантау К.А и Л.А. Миловидовых, приводит следующие возражения: «...На земном шаре нет такого региона, где бы не происходили те или иные дифференцированные тектонические движения в четвертичное время. Во многих сейсмических областях при землетрясениях образуются сбросы, сдвиги и надвиги с амплитудой в несколько метров. Однако фактов возникновения при этом высоких температур, которые бы сказывались на поверхности земли и сохранились бы в течение столетий, как это имеет место на Янгантау, не существует, поскольку весь этот огромный район является ***асейсмическим***...» (стр. 70). Но так ли это?

Известно, что в середине XVIII и второй половине XIX столетия в районе сочленения Урала с участком выступа кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы подземные толчки регистрировались неоднократно. Они сопровождались различными природными коллизиями, что отражено в «Тысячелетней летописи необыкновенных явлений природы» (Е.П. Борисенков, В.М. Песецкий, 1988 г.). Например, в 1788 г. зафиксировано землетрясение, которое отмечено в Перми, Екатеринбурге, Кунгуре, Верхотурье. Вот как оно описано: «...В домах колебались стены, трещали окна. С начала мая были непрерывно теплые, и даже жаркие дни при южном ветре. 1 мая — сильный ливень, спустя два дня была гроза, ливень и град. 11 мая температура опустилась ниже нуля. В ночь на 12 мая выпал снег, и в этот же день послышался глухой шум землетрясения...» (с. 188). В 1841 г. в Пермской губернии утром 31 августа (Пермь, Кунгур, Оханск и Соликамск) отмечен странный метеорологический феномен. «...Все небо приняло яркий багровый цвет, вскоре в домах надобно было зажечь свечи. Они горели белым фосфорическим пламенем. В остальную часть дня продолжались перемены света и теней, пока не наступила полночь, в противоположность предыдущей довольно ясная и свежая...». Высказывалось мнение, что причиной тому являлось землетрясение на Урале, так как в это время подземные толчки зарегистрированы на Южном Урале, Камчатке, Кавказе и Рязанской губернии. В нижнем Тагиле колебания земной поверхности и гул сопровождались озарением неба разноцветным пламенем. Сильное землетрясение в Пермской губернии описано и в 1867 г.

Также имеются свидетельства, которые непосредственно касаются 1758 г., когда на Кольском полуострове в городах Кола, Кими (Кемь), а также в Архангельске произошло крупное землетрясение «...26 ноября разразился сильный ураган, который распространился от Колы до Архангельска. Было разрушено много домов. В тот же день в Русской Лапландии на берегах Белого моря произошло сильное землетрясение, продолжавшееся по одним известиям три часа, по другим — полчаса. 20 декабря около 11 час. 30 мин. вечера вновь раздались два подземных удара, которым предшествовал шум...». Гроза сопровождала и это землетрясение.

Критика В.Г. Вахрушевым тех же авторов в отношении сделанных ими ошибочных допущений о наличии глубокой зоны разлома вдоль верхней части южного склона Янгантау, по которой предполагалось вертикальное перемещение пород с образованием тепла [1954ф, стр. 71], по нашему мнению справедлива. Обосновывая мобилистский вариант тектонической модели происхождения тепловых аномалий г. Янгантау, мы привели структурно-тектонические особенности региона на основании собственных фактических материалов. В.Г. Вахрушев прав и в том, что решить проблему г. Янгантау вертикальные тектонические силы не в состоянии. В предлагаемой нами версии были задействованы исследования, направленные на не только макро-, но и микросейсмические явления. Так, одним из способов получения необходимой сейсмологической информации о степени активности исследуемого района выполнены регистрация сейсмического шума эндогенной природы, анализ его параметров и построение карты распределения уровня шума по площади. Как установлено, наибольшая интенсивность сейсмического шума эндогенного происхождения создается в местах обнажения на поверхности активных разрывных нарушений. В 1996 г. нами впервые проведено сейсмотектоническое картирование зоны сочленения Каратауского структурного комплекса с Юрюзано-Сылвенской впадиной. Выполнены экспедиционные исследования, направленные на выявление и прослеживание на местности разрывных нарушений, проведены наблюдения за динамикой дневной поверхности, установлены проявления современных дислокаций по геологическим данным. На предполагаемых участках современной

тектонической активности полевыми автономными сейсмостанциями (ПАСС) выполнены инструментальные измерения, в результате составлена сейсмотектоническая карта с надлежащей информативностью о современном геодинамическом режиме территории (рис. 13).

Исследования проводились по оригинальной методике, представляющей собой комплекс тектонических и сейсмологических наблюдений. Теоретическое обоснование этой методики следующее. Раньше при производстве сейсмологических работ поле высокочастотного сейсмического шума отбраковывалось, рассматривалось как помеха в макромасштабной классической сейсмологии. Однако позже исследованиями чл.-корр. РАН Л.Н. Рыкунова и других было показано, что эндогенная природа и геофизическая информативность высокочастотного сейсмического шума может быть использована для получения ускоренных сведений о современной сейсмоактивности. Это направление получило название сейсмологии микромасштаба (Рыкунов Л.Н., 1979; Хамидуллин Я.Н., 1994). В лаборатории сейсмологии Института океанологии РАН под руководством академика

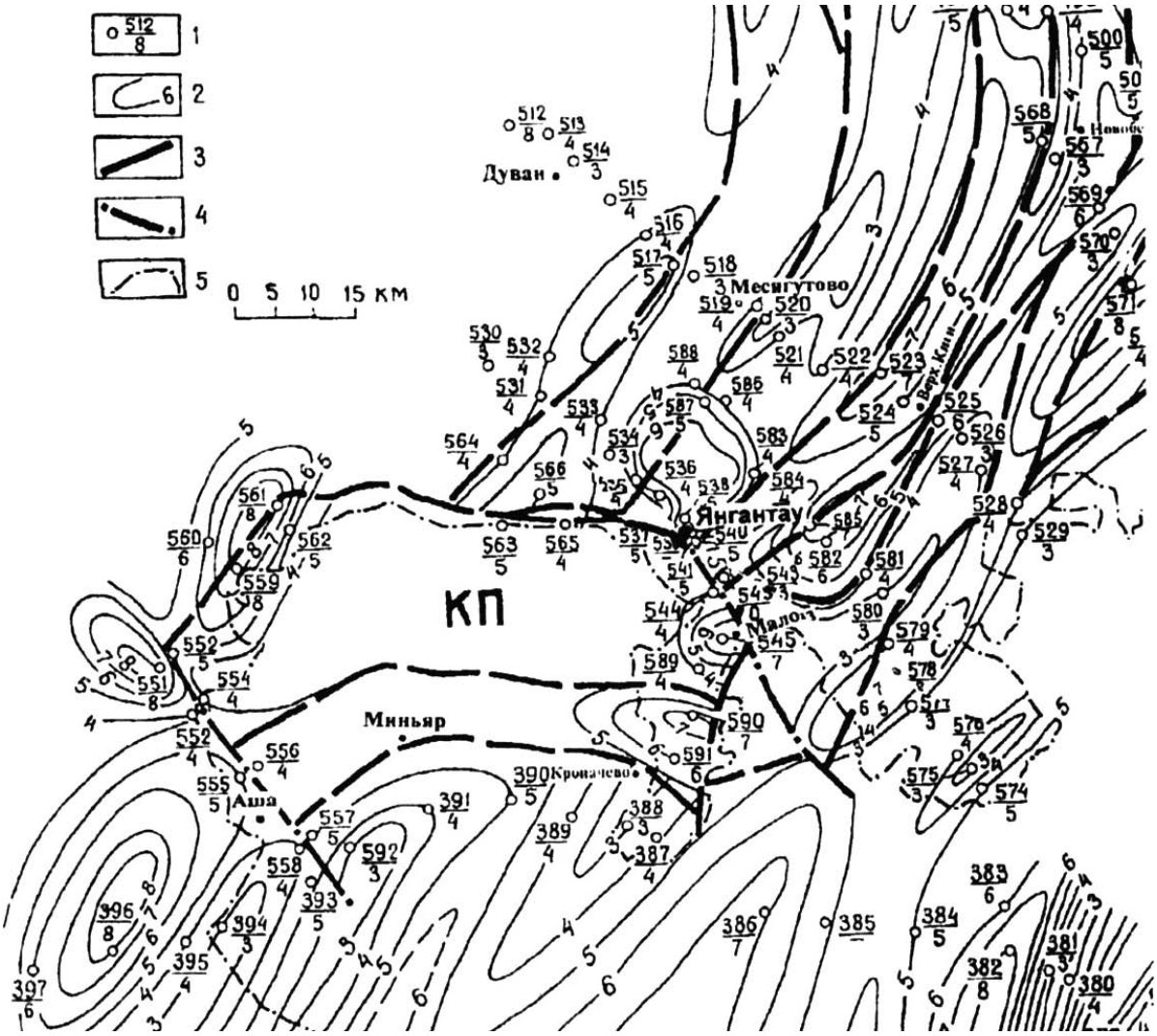


Рис. 13. Карта распространения сейсмошума территории северо-востока РБ (по Ю.В. Казанцеву)

Условные обозначения: 1 — точка постановки ПАСС: в числителе номер, в знаменателе величина сейсмошума в нанометрах (нм); 2 — изолинии сейсмошума (в нм); 3 — надвиги; 4 — сдвиги; 5 — граница РБ.

Fig. 13. Map of the distribution of seismic noise in the territory of the northeast of the Republic of Bashkortostan (according to Yu.V. Kazantsev)

Legend: 1 — PASS setting point: in the numerator, in the denominator, the magnitude of the seismic noise in nanometers (nm); 2 — isopleths of seismic noise (in nm); 3 — thrusts; 4 — shifts; 5 — border of the Republic of Bashkortostan.

С.Л. Соловьева разработана и предложена для использования в этих целях высокочастотная аппаратура — сейсмографы ПАСС. В общем виде используемая методика выглядит как шарьяжно-надвиговые структуры + сейсмология микромасштаба. Интерпретация сейсмонаблюдений произведена сотрудником Института прикладных сейсмоакустических исследований (г. Москва) С.А. Ковачевым.

На представленной карте разрывных нарушений с изображением распределения по площади уровней сейсмического шума (рис. 13) обращает на себя внимание полосчатая картина распределения эндогенного дыхания земли с чередованием максимумов и минимумов амплитуд сейсмического фона. Полосы ориентированы в северо-восточном направлении и связаны с выходами на поверхность активных тектонических нарушений.

Результаты измерений эндогенного сейсмического шума района Янгантау показали, что колебания его значений варьируют от 3 до 8 нм и что распространение зон минимальных и максимальных величин сейсмошума на территории Юрюзано-Сылвенской впадины, т.е. к востоку от Янгантау, в целом совпадает с размещением основных структурных элементов. Как правило, области повышенных значений характерны для лобовых частей надвиговых пластин. Наибольшими значениями эндогенного шума характеризуется зона сочленения Месягутовской пластины с Каратауским аллохтоном, то есть территория влияния Юрюзанского сдвига. Здесь обнаруживаются эллипсоидальные участки более частой смены значений сейсмического шума от минимальных до максимальных, что соответствует большей дислоцированности. Такая дифференцированность значений сейсмошума в складчатых областях является характерным признаком активности современных движений. Иной характер сейсмичности отмечается у Каратауского аллохтона. Активность Каратауской тектонической пластины проявлена в основном на границах структуры: здесь отчетлива дифференцированность значений эндогенной сейсмичности —с минимальными (3 нм) значениями сейсмошума близко соседствуют максимальные (8 нм). Рисунок распределения современных сейсмоколебаний как бы сопровождает границы структуры, подчеркивая в каждом случае простирание разрывного тектонического элемента. Если вдоль Ашинского и Юрюзанского сдвигов изолинии вытянуты в северо-западном направлении, следуя простиранию зон сдвигов, то вдоль Каратауского надвига, простирающегося на северо-восток, изолинии следуют в этом же направлении. Непосредственно на г. Янгантау зафиксирован локальный участок эллипсовидного расположения сейсмических значений от 3 до 8 единиц. При этом самые высокие показания находятся на периферии, резко снижаясь к центру. Ю.В. Казанцев интерпретировал эту особенность как разрядку сейсмонапряжений, что согласуется с геодинамической моделью происхождения тепловых источников Янгантауского феномена. *Таким образом, исследуемая территория в современный период сейсмически активна. Повышенная сейсмотектоническая активность в ней сопряжена с фронтальными зонами разрывных нарушений надвигового и сдвигового типа.*

Проведенные А.С. Бобоховым *палеотемпературные* исследования показали, что в геологическом прошлом для этой территории были характерны проявления высоких температур, как совпадающие с современными термоаномалиями, так и распространенные значительно шире. При этом древние термоаномалии согласуются с элементами современных структур, а *все известные в этой зоне тепловые источники приурочены к зоне влияния Юрюзанского сдвига*.

Заключение

Структурные особенности и современная геодинамика района г. Янгантау определяются ее местоположением в сложном узле тектонического взаимодействия контрастных по составу и строению структур. С одной стороны — Каратауский аллохтон, с другой — комплекс сравнительно малоамплитудных чешуй южного окончания Юрюзано-Сылвенской впадины Предуральского передового прогиба. Характерными чертами геологического строения зоны сочленения вышеназванных структур, имеющими отношение к генезису тепловых аномалий г. Янгантау, являются такие.

Каратауский аллохтон в современном виде имеет форму скошенной призмы толщиной от 1 до 5 км. Он образован поверхностью Каратауского надвига, Ашинским и Юрюзанским сдвигами.

Юрюзанский сдвиг отражен довольно широкой зоной понижения в современном рельефе, что связано с чрезвычайно высокой степенью дробления и смятия толщ, особенно в узлах его пересечения с фронтальными частями пластин Юрюзано-Сылвенской впадины.

Морфология тектонических пластин Юрюзано-Сылвенской впадины определяется интен-

сивным смятием во фронте надвига, ослабевающим в прифронтовой зоне до субгоризонтального залегания слоев в тыловой части пластин.

Южное окончание Месягутовской тектонической пластины, ограниченной двумя довольно пологими надвигами восточного падения — Месягутовским на западе и Юкаликулевским на востоке, осложнено дислокационными зонами и сколами встречного падения (Ахуновские и Янгантауские дислокации).

Северо-западный угол Каратауской призмы приходится на тот участок Месягутовской пластины, где располагается г. Янгантау. Рассматриваемый регион в современный период подвержен режиму тектонических напряжений сжатия.

Современная сейсмотектоническая активность обеих структур, установленная сейсмотектоническим картированием, согласуется с элементами структуры. Для фронта Месягутовской пластины характерны повышенные значения сейсмошума, последовательно снижающиеся к тыловой зоне.

В геологическом прошлом для территории были характерны проявления высоких температур, как совпадающие с современными термоаномалиями, так и распространенными значительно шире. Древние термоаномалии согласуются с элементами структур, что показано на примере Месягутовской тектонической пластины.

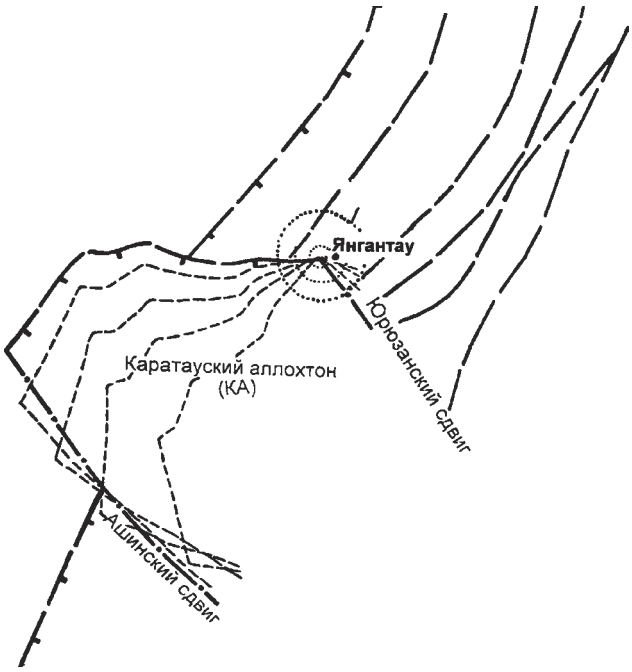


Рис. 14. Геодинамическая модель происхождения теплоаномалий г. Янгантау

Fig. 14. Geodynamic model of the origin of the heat anomalies in Yangantau

Совокупность приведенных выше фактов и закономерностей может быть удовлетворительно объяснена геодинамической моделью генезиса тепловых аномалий г. Янгантау (рис. 14).

Согласно ей режим горизонтального сжатия земной коры в данном регионе реализуется тектоническим взаимодействием Каратауского аллохтона с Месягутовской пластиной Юрюзано-Сылвенской впадины по Юрюзанскому сдвигу. Это выражается движением Месягутовской пластины с востока на запад и сложным перемещением Каратауской структуры, когда по Ашинскому сдвигу происходит надвигание каратауских масс к западу значительно дальше, чем по Юрюзанскому. Это обязано наличию Красноуфимского выступа кристаллического фундамента платформы. Каратауский фронтальный надвиг в своей центральной части флексурообразно изгибается к востоку и тектоническая призма в северо-восточной части частично погружается в таком же направлении. При этом угол аллохтонной призмы приходит в соприкосновение с пограничной частью Месягутовской пластины, создавая тектоническую нагрузку на сопредельные толщи последней. Этому способствует и большой объем горных масс Каратауского аллохтона. В результате нарушается целостность названной пластины и в ней образуются тектонические сколы — производные движения Каратауского аллохтона, развивающиеся в дальнейшем синхронно с ним. Западные падения плоскостей смещения согласуются с вращательным движением Каратау по часовой стрелке (рис. 14).

Движение пластин происходит унаследованно в течение миллионов лет, а скачкообразные срывы аллохтонов сменяются периодами покоя и затухания активности. Прерывистый характер перемещения объясняется существованием трения в подошве аллохтонов, вследствие чего сначала происходит накопление энергии горизонтального сжатия, затем резкий срыв.

Работа выполнена по теме госзадания № 0252-2014-0002.

Литература:

Казанцев Ю.В. Особенности строения Каратау на Южном Урале // Геотектоника. – 1981. – № 6. – С. 54–61.

Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Загребина А.И., Газизова С.А. Структурная геология северо-востока Башкортостана. – Уфа, 1999. – 130 с.

Казанцева Т.Т. О генезисе термальных источников г. Янгантау на Южном Урале // Южно-Российский вестник

геологии, географии и глобальной энергии. № 1 (25). – Астрахань, 2007. – С. 68–70.

Камалетдинов М.А. Покровные структуры Урала. – М.: Наука, 1974. – 230 с.

Келлер Б.М. Тектоника Уральского Каратау и Казаякской нефтеносной зоны // Бюл. МИОП. Отд. геол. – 1945. – Т. 20, Вып. 5–6. – С. 93–114.

Нигматулин Р.Н., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Бобохов А.С. Геология и генезис тепловых аномалий горы Янгантау. – Уфа: АН РБ, 1998. – 71 с.

Страхов Н.М, Осипов С.С. Битуминозные породы реки Юрюзани (очерк стратиграфии и литологии) // Бюлл. МОИП. – 1935. – Т. 13 (1). – С. 50–59.

Фаттахутдинов С.Г., Конюхов А.И., Хайретдинов И.А., Акбашев Р.Ш. К генезису современных терм Янган-Тау (Башкирия) // 5-е Всесоюз. совещ. по термобарохимии. – Уфа: БФАН СССР, 1976. – С. 149–150.

Шакуров Р.К. Развитие взглядов на тектонику Карата́уского структурного комплекса // Шарьяжное строение Урала и других складчатых областей. – Уфа, 1988а. – С. 93–99.

Шакуров Р.К. Нижнепермская олистострома Симской мульды // Тектоника и нефтегазоность. – Уфа, 1988б. – С. 16–22.

Шакуров Р.К., Решетнева В.И., Светлакова А.Н. Особенности строения Уральского Каратау // Формирование земной коры Урала. – Уфа, 1988. – С. 91–96.

Шатский Н.С. Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и смежной части западного склона Южного Урала: Бюл. МОИП. – 1945. – Вып. 2 (6). – 130 с.

Штильмарк В.В. Газотермальные струи горы Янгантау // Докл. к собр. Междунар. ассоц. гидрогеологов. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – С. 313–339.

Nigmatulin R.I., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V. Physical nature of thermal anomalies of the Yangantau mountain, Southern Urals // Doklady Earth Sciences. – 1998. – Т. 363, No 8. – P. 1069–1071.

References:

Fattakhutdinov S.G., Koniukhov A.I., Khairetdinov I.A., Akbashev R.Sh. K genezisu sovremennykh term Yungan-Tau (Bashkiriia) [Towards the genesis of the modern term Yangan-Tau (Bashkiria)] // 5 Vses. Soveshch. po termobarokhimii [V Vses. sovshch. on thermobarochemistry]. Ufa: BFAN SSSR, 1976. P. 149–150. (In Russian).

Kazantsev Yu.V. Osobennosti stroeniia Karatau na Yuzhnom Urale [Features of the structure of Karatau in the Southern Urals] // Geotektonika [Geotectonics]. 1981. No 6. P. 54–61. (In Russian).

Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T., Zagrebina A.I., Gazizova S.A. Strukturnaia geologiia severo-vostoka Bashkortostana [Structural geology of the northeast of Bashkortostan]. Ufa, 1999. 130 p. (In Russian).

Kazantseva T.T. O genezise termalnykh istochnikov g. Yungantau na Yuzhnom Urale [On the Genesis of the Thermal Springs of Yangantau in the Southern Urals] // Yuzhno-Rossiiskii vestnik geologii geografii i globalnoi energii [On the Genesis of the Thermal Springs of Yangantau in the Southern Urals]. No. 1 (25). Astrakhan, 2007. P. 68–70. (In Russian).

Kamaletdinov M.A. Pokrovnye struktury Urala [Cover structures of the Urals]. Moscow: Nauka, 1974. 230 p. (In Russian).

Keller B.M. Tektonika Uralskogo Karatau i Kazaiakskoi neftenosnoi zony [Tectonics of the Ural Karatau and the Kasyak oil-bearing zone] // Biul. MIOP. Otd. Geol., 1945. T. 20. Iss. 5–6. P. 93–114. (In Russian).

Nigmatulin R.I., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V. Physical nature of thermal anomalies of the Yangantau mountain, Southern Urals // Doklady Earth Sciences. 1998. T. 363, No 8. C. 1069–1071.

Nigmatulin R.N., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V., Bobokhov A.S. Geologiia i genezis teplovykh anomalii gory Yungantau [Geology and genesis of thermal anomalies of Mount Yangantau]. Ufa: AN RAB, 1998. 71 p. (In Russian).

Shakurov R.K. Razvitie vzgliadov na tektoniku Karatauskogo strukturnogo kompleksa [Development of views on the tectonics of the Karatau structural complex] // Shariazhnoe stroenie Urala i drugikh skladchatykh oblastei [Sharyazhnoe structure of the Urals and other folded areas]. Ufa, 1988. P. 93–99. (In Russian).

Shakurov R.K. Nizhnepermskaia olistostroma Simskoi muldy [Lower Permian osteostrome of the Simskaya Trough] // Tektonika i neftegazonost [Tectonics and oil and gas]. Ufa, 1988. P. 16–22. (In Russian).

Shakurov R.K., Reshetneva V.I., Svetlakova A.N. Osobennosti stroeniia Uralskogo Karatau [Features of the structure of the Urals Karatau] // Formirovanie zemnoi kory Urala [Formation of the Earth's crust of the Urals]. Ufa, 1988. P. 91–96. (In Russian).

Shatskii N.S. Ocherki tektoniki Volgo-Uralskoi neftenosnoi oblasti i smezhnoi chasti zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Essays on the tectonics of the Volga-Ural oil-bearing region and the adjacent part of the western slope of the Southern Urals] // Biul. MOIP. 1945. Iss. 2 (6). 130 p. (In Russian).

Shtilmark V.V. Gazotermalnye strui gory Yungantau [Gas-thermal jets of the Yangantau mountain]. Dokl. k sobr. Mezhdunar. Assots. Gidrogeologov [Dokl. to coll. Intern. Ass. hydrogeologists]. Moscow: Gosgeoltechizdat, 1960. P. 313–339. (In Russian).

Strakhov N.M., Osipov S.S. Bituminoznye porody reki Yuriuzani (ocherk stratigrafii i litologii) [Bituminous rocks of the river Juruzani (sketch of stratigraphy and lithology)] // Biull. MOIP. T. 13 (1). 1935. P. 50–59. (In Russian).

Сведения об авторе:

Казанцева Тамара Тимофеевна, академик АН РБ, доктор геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: ktt@ufaras.ru

About the authors:

Kazantseva Tamara Timofeevna, Academician of AN RB, doctor geol.-miner. nauk, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: ktt@ufaras.ru

УДК 551.735.1(470.57) http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-9

РАЗРЕЗЫ БАШКИРСКОГО ЯРУСА СРЕДНЕГО КАРБОНА В САЛАВАТСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

© 2018 г. Е. И. Кулагина

Реферат. На территории Салаватского района Республики Башкортостан расположены типовые разрезы башкирского яруса: стратотип (голостратотип) — разрез Большая Лука, парастратотип — разрез Лаклы, известные разрезы — Яхино и Кызырбак. В статье приводится краткий обзор изученности перечисленных разрезов, современная стратиграфическая схема расчленения башкирского яруса. Башкирские отложения данного района представлены мелководными шельфовыми осадками, содержат разнообразные ископаемые остатки водорослей, брахиопод, фораминифер, кораллов, остракод, очень редкие конодонты. Башкирский ярус представлен сюранским, акавасским и аскынбашским подъярусами. Верхи башкирского яруса либо отсутствуют, либо представлены только ташастинским горизонтом. Приводится характеристика разреза Большая Лука и его корреляция с разрезом Лаклы.
Ключевые слова: средний карбон, башкирский ярус, типовые разрезы, ископаемые остатки

BASHKIRIAN STAGE (PENNSYLVANIAN) SECTIONS IN THE SALAVAT DISTRICT OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC

E. I. Kulagina

Abstract. The typical sections of the Bashkirian Stage are located in the territory of the Salavat district of the Bashkortostan Republic: the Bolshaya Luka Section is the stratotype (holostratotype), the parastratotype is the Lakly Section, and other known sections include the Yakhino and Kyzyrbak Sections. This paper gives a brief review of the study of the above sections, and a modern stratigraphic scheme for the Bashkirian Stage. The Bashkirian deposits of this region are represented by shallow shelf sediments, containing a variety of fossil remains: algae, brachiopods, foraminifers, corals, ostracods, and very rare conodonts. The Bashkirian Stage is represented by the Syuran, Akavasian and Askinbashian substages. The Arkhangelskian Substage, the upper substage of the Bashkirian, is absent or represented only by the Tashastin horizon. The characteristics of the Bolshaya Luka section and its correlation with the Lakla section are given.
Key words: Pennsylvanian, Bashkirian Stage, type sections, fossils

Введение

В Салаватском районе Республики Башкортостан находятся типовые разрезы башкирского яруса, которые послужили основой для установления башкирских слоев. Согласно схеме районирования для средне-позднекаменноугольной эпохи отложения карбона относятся к Юрюзано-Айскому району Уфимско-Бельской подзоны Западно-Уральской структурно-фациальной зоны [Стратиграфические..., 1993]. Отложения башкирского яруса образуют две полосы — меридионального и широтного простирания, образуя серию красивых скальных обнажений. В этом районе находится стратотип башкирского яруса Большая Лука, известные разрезы Лаклы, Яхино, Кызырбак. В данной статье приводится их краткая характеристика. Использован материал автора, полученный при полевых работах в 2005–2006 гг., проводившихся по теме ИГ УНЦ РАН.

Положение башкирского яруса в стратиграфических схемах

Башкирские слои были открыты и обоснованы С.В. Семихатовой [1934] на западном склоне Южного Урала в бассейнах рек Зилим и Юрюзань. В 1951 г. они уже имели статус яруса. Установление башкирского яруса можно считать выдающимся событием XX века в истории исследования каменноугольных отложений мира, поскольку к этому времени все остальные ярусы каменноугольной системы были уже известны. Слои были обоснованы по распространению характерных видов брахиопод

группы *Choristites bisulcatiformis* Semikhatova [Семихатова, 1941] (*Alphachoristites* по современной систематике [Полетаев, 2004]). Параллельно с брахиоподами для палеонтологической характеристики башкирского яруса, уточнения его объема и границ стали использоваться фораминиферы [Теодорович, 1935; Раузер-Черноусова, 1949; Киреева, 1949; и др.]. В настоящее время башкирский ярус занимает место в основании среднего карбона Общей стратиграфической шкалы России (ОСШ) и соответствует нижней серии пенсильвания Международной стратиграфической шкалы (МСШ). Отличие между шкалами ОСШ и МСШ заключается в том, что в первой каменноугольная система делится на три отдела: нижний, средний, верхний, тогда как в МСШ — на две подсистемы: миссисипскую и пенсильванскую [Алексеев, 2008]. Нижний отдел ОСШ соответствует миссисипию, а средний и верхний — пенсильванию (рис. 1).

Статус международного стратона башкирский ярус получил благодаря более чем 70-летнему периоду всесторонних детальных исследований башкирских отложений на всей территории северной Евразии отечественными геологами и стратиграфами. История исследований башкирского яруса отражена в многочисленных работах, например,

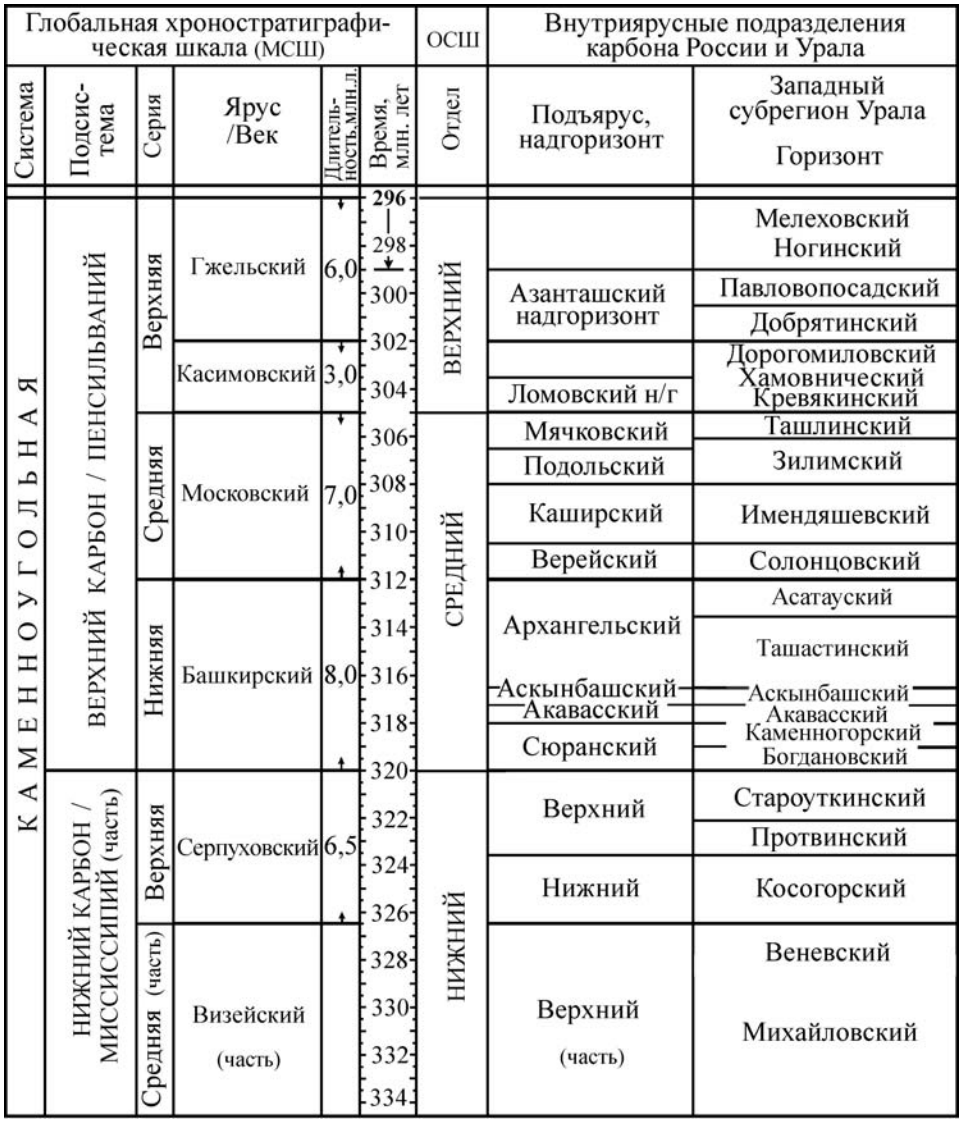


Рис. 1. Положение башкирского яруса в Международной хроностратиграфической шкале и подразделения Общей стратиграфической шкалы России [Menning et al., 2006; Алексеев, 2008]

Fig. 1. The position of the Bashkirian Stage in the Global Stratigraphic Scale and subdivisions of the General Stratigraphic Scale of Russia [Menning et al., 2006; Alekseev, 2008]

[Гроздилова, Лебедева, 1954; Эйнор, 1958; Семихатова, 1964; Синицына, Синицын, 1987; Николаев, 1989; Кленина, Соловьева, 1995; Кулагина и др., 2001].

До работ С.В. Семихатовой средний отдел карбона отвечал московскому ярусу, хотя было известно о наличии перерыва между московскими и подстилающими серпуховскими отложениями нижнего карбона в типовом регионе — Московской синеклизе. Изучая фауну брахиопод московского яруса, С.В. Семихатова обратила внимание на ее резкое отличие от серпуховской. Она писала о фауне брахиопод: «...История их развития такая четкая на протяжении отложения слоев московского яруса, не имеет под собой фундамента. Эта группа морских организмов как будто с другой планеты упала в Московское море, уже готовая, со всеми характерными своими чертами, и на протяжении всей доступной нашему наблюдению ее дальнейшей истории в продолжение московской эпохи она обнаруживает только внутренние перегруппировки, постепенное развитие и угасание отдельных видов тех же основных групп, без какого-нибудь указания на связь этой фауны с какой-нибудь материнской фауной...» [Семихатова, 1934, с. 83].

Современная схема расчленения башкирского яруса включает четыре подъяруса и шесть региональных горизонтов [Кулагина и др., 2001; Постановления..., 2006; Алексеев, 2008]. Сюранские слои впервые выделил Л.С. Либрович [1947]. В настоящее время они рассматриваются в ранге подъяруса в составе двух горизонтов — богдановского [Эйнор и др., 1973] и каменногорского [Кулагина и др., 2001]. Акавасский подъярус/горизонт установлен О.Л. Эйнором [1958], аскынбашский и ташастинский выделил Г.И. Теодорович [Теодорович и др., 1959], асатауский — О.Л. Эйнор, Р.С. Фурдуй и В.А. Александров [Синицына и др., 1972; Семихатова и др., 1978]. Горизонтам Урала соответствуют горизонты Русской платформы [Зональная стратиграфия..., 2006]: богдановскому — вознесенский, каменногорскому — краснополянский, акавасскому — северокельтменский, аскынбашскому — прикамский, ташастинскому — черемшанский, асатаускому — мелекесский.

Разрезы башкирского яруса

В Юрюзано-Айском районе естественные выходы башкирского яруса протягиваются полосой меридионального простирания вдоль р. Юрюзань от д. Яхино на юге до д. Кызырбак на севере, а также прослеживаются по р. Ай (рис. 2). Нижняя граница башкирского яруса на западном склоне Урала хорошо выражена литологически, так как в кровле серпуховского яруса залегает стриатиферовый ракушняк мощностью до четырех метров, который является хорошим маркером [Эйнор, 1958; Синицына, Синицын, 1987; Иванова, 1995].

Разрез Большая Лука — стратотип башкирского яруса

На фауну спириферид древнего облика С.В. Семихатова [1934; 1936] обратила внимание, изучая работы С.С. Осипова и Д.Г. Сапожникова по р. Юрюзани, где эта фауна была первоначально обнаружена, Г.И. Теодоровича по р. Зилим и В.Н. Крестовникова по р. Зиган. В монографии «Брахиоподы башкирских слоев СССР» [Семихатова, 1941, с. 12–13] в качестве типичного приведено описание обнажения, расположенного по левому берегу р. Юрюзани напротив д. Большая Лука (Верхняя Лука на современной карте). В «Стратиграфическом словаре» С.В. Семихатова назвала стратотипом башкирского яруса разрезы по рекам Лаклы и Зилим, уточнив объем яруса и сопоставив его с намюром B+C и нижней частью вестфала Западной Европы [Семихатова, 1956, с. 117]. Позднее в связи с неполнотой объема яруса в перечисленных выше разрезах, за стратотип был принят разрез по р. Аскын [Семихатова, Эйнор, 1977; Синицына, Синицын, 1987]. Таким образом, по мере изучения отложений башкирского яруса в типовой местности, в Горной Башкирии, взгляды автора стратона на определение стратотипа менялись. Разрез напротив д. Бол. Лука остался малоизвестен.

Т.И. Немировская и А.С. Алексеев [Nemirovskaya, Alekseyev, 1994], анализируя предшествующие работы, пришли к выводу, что стратотипом (голостратотипом) должен считаться разрез по левому берегу р. Юрюзань напротив д. Большая Лука, поскольку «...голостратотип — эталонный разрез, указанный автором стратиграфического подразделения одновременно с установлением этого подразделения или его стратиграфической границы...» [Стратиграфический кодекс, 2006, стр. 67, п. 1.4]. Важно, что стратотип «...не может быть заменен каким-либо другим разрезом, пока он остается доступным для осмотра и изучения...» [там же, с. 68, п. 1.5]. Для дополнительной информации о стратиграфическом подразделении существуют такие

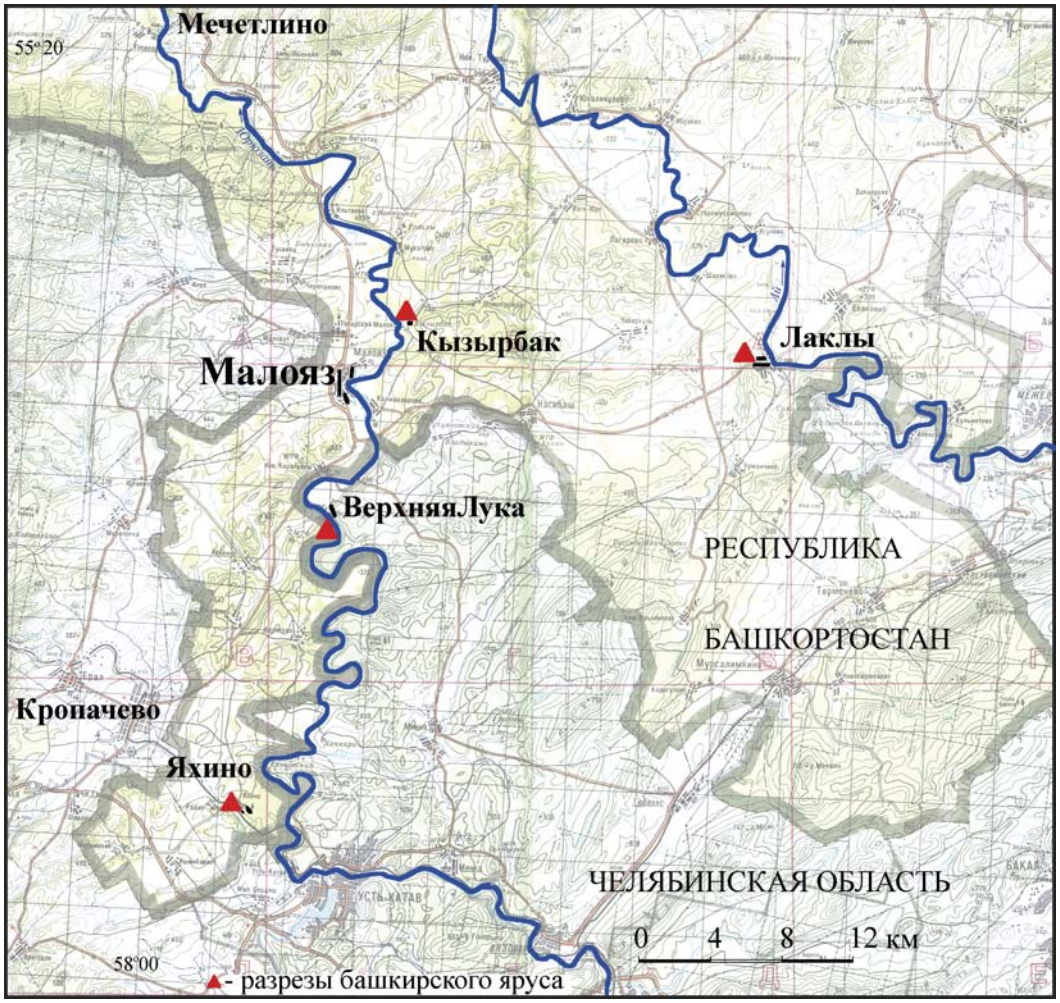


Рис. 2. Положение разрезов башкирского яруса Салаватского района Республики Башкортостан [Региональный Атлас. Челябинская область. 2001, стр. 22–23]

Fig. 2. Location of the Bashkirian sections in the Salavat District of the Bashkortostan Republic [Regional Atlas. Chelyabinsk area. 2001, pp. 22–23]

понятия, как парастратотип и гипостратотип. Так, разрезы по рекам Лаклы и Зилим имеют статус парастратотипов, как разрезы, использованные автором подразделения при первоначальном определении стратотипа с целью его дополнительной характеристики [там же, п. 1.6]. Разрез Аскын является гипостратотипом (гипостратотип — дополнительный разрез). В качестве гипостратотипа башкирского яруса также предлагается разрез Сокол по р. Чусовой на Среднем Урале, как разрез, дополняющий стратотип в его верхней части [Иванова, 1999]. Количество гипостратотипов не ограничивается.

Таким образом, стратотипом башкирского яруса следует считать разрез Большая Лука, расположенный напротив д. Верхняя Лука в 15 км северо-восточнее станции Кропачево на левом берегу р. Юрюзань, описанный С.В. Семихатовой как «...типичное обнажение башкирских слоев на Западном склоне Урала...» (рис. 3).

В этом разрезе С.В. Семихатова проводила нижнюю границу башкирского яруса в подошве слоя 3 со скоплениями брахиопод Martiniinae (по современной схеме — основание акавасского горизонта, см. рис. 1). Описание разреза Большая Лука начинается со слоя 1 (рис. 4), представленного коричневатым тонкоплитчатым известняком мощностью около 60 м, содержащим редкие *Eomarginifera longispina* Sow., который ложится непосредственно на известняк с брахиоподами S*triatifera striata* (Fischer) [Семихатова, 1941]. Известняки слоя 1, залегающие на стриатиферовом ракушняке, по со-

Рис. 3. Обнажение башкирского яруса напротив д. Верхняя Лука, левый берег р. Юрюзань (разрез Большая Лука)

Fig. 3. Outcrop of the Bashkirian Stage opposite the Verkhnaya Luka village, left bank of the Yuruzan River (Bolshaya Luka Section)

временной схеме относятся к сюранскому подъярусу башкирского яруса [Иванова, 1995, 2008], и нижняя граница башкирского яруса утверждена по появлению конодонтов *Declinognathodus noduliferus* [Постановления..., 2003]. Эти слои разреза Большая Лука были детально описаны Р.М. Ивановой [1995, 2008] по обоим берегам р. Юрюзань. По ее данным, мощность сюранского подъяруса в разрезе Большая Лука составляет 28,5 м. Р.М. Ивановой приведены комплексы фораминифер и водорослей сюранского, акавасского, аскынбашского горизонтов данного разреза. На правом берегу р. Юрюзани ею описан более полный разрез, который дополняет типичное обнажение ташастинским горизонтом. Известняки акавасского и аскынбашского горизонтов образуют высокие скальные выходы [Kulagina, Nikolaeva, 2016] и содержат в большом количестве раковины брахиопод (рис. 5, 6). Разрез Большая Лука предлагается включить в список объектов геологического наследия Республики Башкортостан [Жерновкова, Ардисламов, 2017].

Разрез Лаклы

В разрезе по р. Лаклы башкирские слои впервые охарактеризовал В.Д. Наливкин [1949]. Детальное, послойное описание разреза по левому склону долины р. Лаклы (левый приток р. Ай) в 0,7 км выше д. Лаклы и расчленение его по фораминиферам и брахиоподам на горизонты (сюранский, акавасский и реки Белой) дано З.А. Синицыной [1975]. Граница серпуховского и башкирского ярусов проведена в кровле слоя стриатиферового ракушечника (рис. 7). Сюранский подъярус башкирского яруса представлен известняками тонкослоистыми, реже среднеслоистыми, тонкозернистыми, шламово-мелкодетритовыми и пелитоморфными (микритовыми) с прослоями оолитовых и доломитизированных. Мощность сюранского подъяруса 33 м.

Акавасский подъярус сложен известняками преимущественно среднеслоистыми органогенно-детритовыми, водорослевыми (донецелловыми), реже микритовыми, с прослоями оолитовых, криноидных и органогенно-обломочных. Встречаются желваки и линзы кремней, мощность 59 м. Аскынбашский подъярус сложен известняками средне- и толстослоистыми донецелловыми и органогенно-детритовыми с прослоями криноидных и фораминиферовых, реже микритовых известняков, часты линзы, желваки и прослои кремней, мощность 52 м. Слои 41–42 представлены переслаивающимися известняками и кремнями, в известняках появляются профузулинеллы, в том числе *Profusulinella* ex gr. *parva* (Lee et Chen). Эти слои, вероятно,

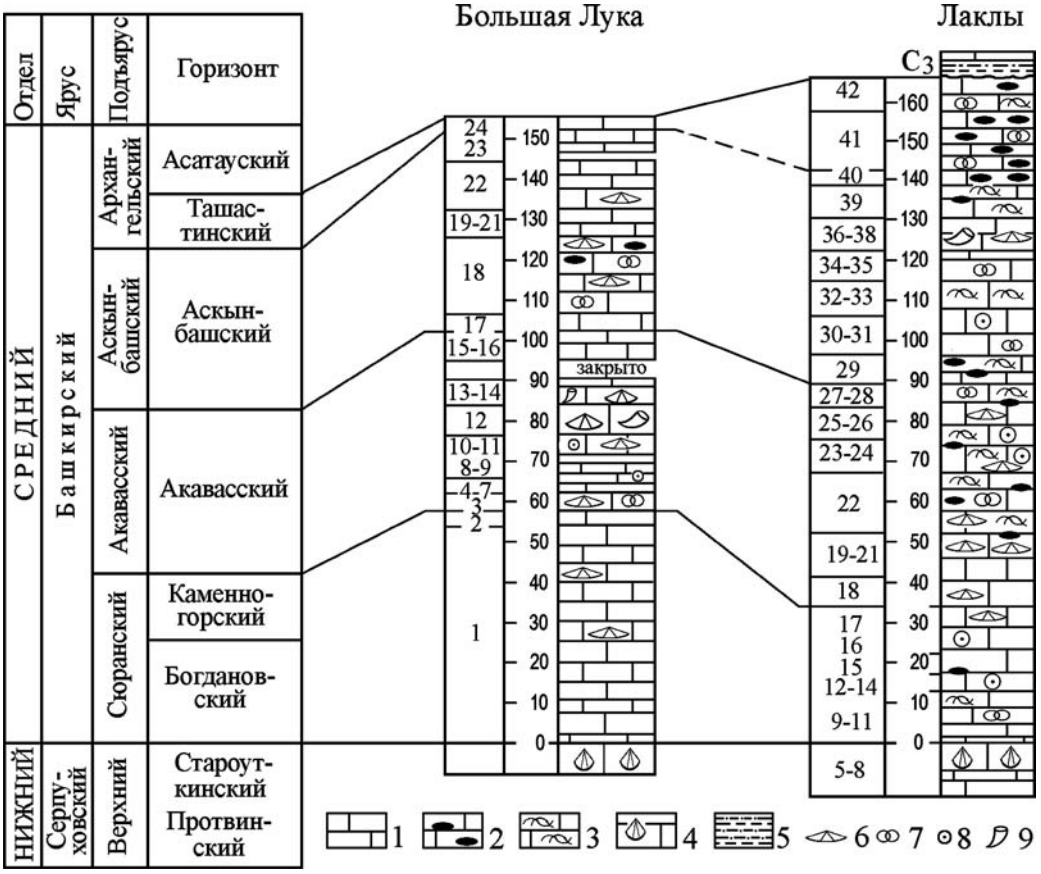


Рис. 4. Корреляция разрезов башкирского яруса Большая Лука и Лаклы. Стратиграфическая колонка разреза Большая Лука и нумерация слоев по С.В. Семихатовой [1941], расчленение на горизонты по Р.М. Ивановой [1995]; колонка разреза Лаклы и нумерация слоев по З.А. Синицыной [1975]

Условные обозначения: 1 — известняк, 2 — известняк с линзами кремней, 3 — водорослевый известняк, 4 — стриатиферовый ракушняк, 5 — карбонатно-терригенные отложения куркинской свиты верхнего карбона, 6 — брахиоподы, 7 — фораминиферы, 8 — криноидеи, 9 — кораллы.

Fig. 4. Correlation of the Bolshaya Luka and Lakly sections. The stratigraphic column and numbering of beds of the Bolshaya Luka Section by Semikhatova [1941], the subdivision on substages by Ivanova [1995]; the stratigraphic column and numbering of beds of the Lakly Section by Sinitsyna [1975]

Legend: 1 — limestone; 2 — limestone with lenses of chert; 3 — algal limestone; 4 — brachiopod Striatifera coquina limestone; 5 — carbonate-terrigenous rocks of the Kurkin Formation of the Upper Pennsylvanian; Fossils: 6 — brachiopods; 7 — foraminifers; 8 — crinoids; 9 — corals.

относятся к ташастинскому горизонту (по данным З.А. Синицыной, они относились к верхней части горизонта реки Белой, который в настоящее время упразднен). Известняки башкирского яруса с перерывом перекрываются терригенной толщей куркинской свиты верхнего карбона [Синицына, 1975]. Известняки акавасского и аскынбашского горизонтов образуют эффектное скальное обнажение (рис. 8).

Разрез Яхино

В разрезе Яхино С.В. Семихатовой [1936] установлены башкирские слои с *Choristites bisulcatiformis* мощностью около 200 м. Прерывистые обнажения башкирского яруса прослеживаются вдоль железной дороги непосредственно у д. Яхино (Яхъя), вдоль левого склона руч. Бердяш (рис. 9), в 10 км северо-восточнее г. Усть-Катава. Верхняя часть разреза находится на залесенном правом склоне ручья, где обнажения прослеживаются до д. Радио. Разрез является стратотипом яхьинского горизонта [Эйнор, 1958], который предлагался в качестве регионального подразделения, однако оказался младшим синонимом сюранского [Кулагина и др., 2001]. Комплексы фораминифер описаны Р.М. Ивановой и Б.И. Чувашовым [1993]. Описание разреза приведено в неопубликованных отчетах З.А. Синицыной [1975 г.], Е.И. Кулагиной и др. [2006 г.]. Разрез представлен в мелководной фации. В нем преобладают

Рис. 5. Обнажение известняков аскынбашского горизонта разреза Большая Лука
Fig. 5. Outcrop of the Askynbashian Substage of the Bolshaya Luka Section

Рис. 6. Ядро раковины брахиоподы Spiriferida в известняке, разрез Большая Лука, аскынбашский горизонт
Fig. 6. The core of the brachiopod shell of Spiriferida in the limestone, Askynbashian of the Bolshaya Luka Section

Рис. 7. Стриатиферовый ракушняк в кровле серпуховского яруса, разрез Лаклы
Fig. 7. The limestone with *Striatifera* coquina brachiopods in the uppermost Serpukhovian, Lakly Section

Рис. 8. Обнажение башкирского яруса у д. Лаклы
Fig. 8. Outcrop of the Bashkirian Stage near the Lakly village

фораминиферовые и брахиоподовые известняки, крайне редко встречаются конодонты. Разрез представляет интерес в связи с тем, что отсюда впервые описан типовой вид фораминиферового рода *Plectostaffella* — *Pl. jakhensis* Reitlinger, 1971. Верхнесерпуховская часть разреза представлена мощной толщей светло-серых толстослоистых известняков, переполненных раковинами стриатифер (стриатиферовый ракушняк), содержащих также фораминиферы *Bradyina* ex gr. *cribrostomata* (Rauser-Chernousova et Reitlinger), *Globivalvulina moderata* Reitlinger и другие.

Непосредственного контакта этого известняка с вышележащими нет, однако через два метра закрытого участка выходят известняки темно-серые, среднеслоистые, тонкозернистые, с многочисленными фораминиферами, характерными для сюранского подъяруса среднего карбона (мощность 46 м). Выше по разрезу известняки однотипные, среднеслоистые, тонкозернистые с многочисленными фораминиферами и брахиоподами акавасского (28 м), аскынбашского (более 20 м) и ташастинского (предположительно 2 м) горизонтов [Иванова, Чувашов, 1993].

Разрез Кызырбак

На правом берегу р. Юрюзань в 3 км к северо-востоку от с. Малояз, северо-западнее д. Кызырбак примечательно обнажение известняков, образующих антиклинальную складку (рис. 10). Пачка известняков мощностью около 20 м, по данным Р.М. Ивановой [1995], относится к акавасскому–аскынбашскому горизонтам башкирского яруса и перекрывается толщей темных аргиллитов. В образце, отобранном нами из нижней части обнажения, известняк фораминиферово-водорослевый содержит несколько раковин фораминифер *Staffellaeformes staffellaeformis* (Kireeva), зонального вида аскынбашского горизонта.

Известняки башкирского яруса также слагают красивое скальное обнажение по правому берегу р. Юрюзань в 0,5 км выше по течению от автомобильного моста у с. Малояз.

Таким образом, башкирский ярус в Салаватском районе достаточно хорошо обнажен и изучен в нескольких разрезах. Нижняя граница башкирского яруса маркируется по кровле стриатиферового ракушняка. Верхи башкирского яруса в этом

Рис. 9. Обнажения сюранского подъяруса у д. Яхино
Fig. 9. Outcrops of the Syuranian Substage near the Yakhino village

Рис. 10. Обнажение башкирского яруса у д. Кызырбак
Fig. 10. Outcrop of the Bashkirian Stage near the Kyzyrbak village

районе отсутствуют или представлены терригенными отложениями. Перечисленные разрезы требуют дополнительного изучения и оформления на современном уровне с иллюстрацией послойного распределения органических остатков, фотографиями микроструктур горных пород, палеонтологическими таблицами ископаемых организмов (водоросли, фораминиферы, кораллы, брахиоподы, остракоды), которые в изобилии встречаются в известняках и являются породообразующими.

Автор благодарен Н.А. Кучевой (ИГиГ УРО РАН), сделавшей ряд ценных замечаний.

Работа выполнена по теме госзадания № 0252-2014-0002.

Литература:

Алексеев А.С. Каменноугольная система // Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований / *Под ред. А.И. Жамойды, О.В. Петрова*: Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – С. 61–68. – Прил. 6.

Гроздилова Л.П., Лебедева Н.С. Фораминиферы нижнего карбона и башкирского яруса среднего карбона Колво-Вишерского края // Тр. ВНИГРИ, нов. сер. – 1954. – Вып. 81. – С. 4–235.

Жерновкова Т.В., Ардисламов Р.Ф. Разрезы башкирского яруса Большая Лука и Аскын — объекты геологического наследия Республики Башкортостан // Вестник Башкирского университета. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 726–732.

Зональная стратиграфия фанерозоя России / *Под ред. Т.Н. Корень*. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – 256 с.

Иванова Р.М. Башкирский ярус среднего течения р. Юрюзани (Западный склон Южного Урала) // Ежегодник–1994 / ИГиГ УрО РАН. – Екатеринбург, 1995. – С. 13–16.

Иванова Р.М. Разрез «Сокол» — гипостратотип башкирского яруса среднего карбона на Урале // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Урала: Сб. науч. трудов. Вып. 2. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – С. 21–37.

Иванова Р.М. Фузулиниды и водоросли среднего карбона Урала: зональная стратиграфия, палеобиогеография, палеонтология. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 204 с.

Иванова Р.М., Чувашов Б.И. Башкирский ярус Симской мульды (западный склон Южного Урала) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1993. – Т. 1, № 1. – С. 76–88.

Киреева Г.Д. Стратиграфия нижней части среднего карбона в районе Молотовского Приуралья // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1949. – № 2. – С. 77–92.

Кленина Л.Н., Соловьева М.Н. Башкирский ярус: 60-летие установления яруса С.В. Семихатовой // Био-

стратиграфия среднего – верхнего палеозоя Русской платформы и складчатых областей Урала и Тянь-Шаня. – М.: ВНИГНИ, 1995. – С. 5–15.

Кулагина Е.И., Пазухин В.Н., Кочеткова Н.М., Синицына З.А., Кочетова Н.Н. Стратотипические и опорные разрезы башкирского яруса карбона Южного Урала. – Уфа: Гилем, 2001. – 139 с.

Либрович Л.С. Гониатитовые фауны карбона СССР и их значение для стратиграфии этих отложений // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1947. – Т. 22, Вып. 5. – С. 51–68.

Наливкин В.Д. Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрюзано-Сылвенской депрессии. – Л.; М: Гостоптехиздат, 1949. – 205 с. – (Труды / ВНИГРИ; Нов. сер.; Вып. 46).

Николаев А.И. Детальная корреляция башкирского яруса западного склона Урала и востока Русской платформы по фораминиферам // Методические аспекты стратиграфических исследований в нефтегазоносных бассейнах. – Л., 1989. – С. 92–112.

Полетаев В.И. К ревизии груборебристых хориститид (Brachiopoda) башкирского яруса // Палеонтологический журнал. – 2004. – № 3. – С. 46–52.

Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 34 / ВСЕГЕИ. – СПб., 2003. – 48 с.

Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 36 / ВСЕГЕИ. – СПб., 2006. – 63 с.

Раузер-Черноусова Д.М. Об онтогенезе некоторых палеозойских фораминифер // Труды ПИН АН СССР. – 1949. – Т. XX. – С. 339–353.

Региональный Атлас. Челябинская область. — М.: 439 Центральная экспериментальная военно-картографическая фабрика, 2001. 120 с.

Семихатова С.В. Отложения московской эпохи в Нижнем и Среднем Поволжье и положение московского яруса в общей схеме напластований каменноугольной системы в СССР // Проблемы советской геологии. – 1934. – Т. 3, № 8. – С. 73–90.

Семихатова С.В. Материалы к стратиграфии нижнего и среднего карбона Европейской части СССР // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1936. – Т. 14, – Вып. 3. – С. 191–224.

Семихатова С.В. Брахиоподы башкирских слоев СССР. 1. Род *Choristites* Fischer. – М.: Изд-во АН СССР, 1941.– 151 с. – (Труды / ПИН АН СССР; Т. 12. Вып. 4).

Семихатова С.В. Башкирский ярус, слои // Стратиграфический словарь СССР. – М.: Гос. науч.-тех. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1956. – С. 117.

Семихатова С.В. Брахиоподы из опорных разрезов башкирского яруса Горной Башкирии // Фауна палеозоя Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. – М.: Недра, 1964. – С. 180–227. – (Труды / ВНИГРИ; Вып. 43).

Семихатова С.В., Эйнор О.Л. Башкирский ярус (слои) // Стратиграфический словарь СССР: Карбон – Пермь. – Л.: Недра, 1977. – С. 56.

Семихатова С.В., Эйнор О.Л., Киреева Г.Д., Губарева В.С., Гроздилова Л.П., Дегтярев Д.Д., Лебедева Н.С., Синицына З.А. Башкирский ярус Урала (стратотип) // Труды VIII Международного конгресса по стратиграфии и геологии карбона. – М.: Наука, 1978. – Т. 1. – С. 112–118.

Синицына З.А. Башкирский ярус по р. Лаклы на западном склоне Южного Урала // Стратиграфия и геология карбона Южного Урала и восточной окраины Русской платформы / БФАН СССР. – Уфа, 1975. – С. 86–94.

Синицына З.А., Синицын И.И. Биостратиграфия башкирского яруса в стратотипе / БФАН СССР. – Уфа, 1987. – 76 с.

Синицына З.А., Синицын И.И., Эйнор О.Л., Шамов Д.Ф. Путеводитель экскурсии по карбону горной части Башкирии. – Уфа: Башкнигоиздат, 1972. – 66 с.

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой) / Межвед. Страт. Комитет России. – Екатеринбург, 1993. – 151 л. схем.

Стратиграфический кодекс России. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.

Теодорович Г.И. К геологии среднего и верхнего карбона западного склона Южного Урала // Бюлл. МОИП. Отд. геол. – 1935. – Т. 13, Вып. 1. – С. 81–98.

Теодорович Г.И., Гроздилова Л.П., Лебедева Н.С. Некоторые данные о подразделении башкирского яруса Горной Башкирии по фауне фораминифер // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1959. – Т. 34, – Вып. 6. – С. 103–115.

Эйнор О.Л. Исследования по стратиграфии карбона восточной окраины Урало-Волжской нефтеносной области. – Л.: Гостоптехиздат, 1958. – 194 с.

Эйнор О.Л., Фурдуй Р.С., Александров В.А. Сюранский горизонт и проблема границы нижнего и среднего карбона на Южном Урале // Материалы по геологии, гидрогеологии, геохимии и геофизике Украины, Белоруссии, Армении, Урала, Казахстана и Сибири: Сб. науч. работ, № 9. – Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1973. – С. 92–102.

Kulagina, E.I., Nikolaeva, S.V. The Bashkirian stratotype at Yuryuzan River in the Southern Urals (Pennsylvanian) // Planet Earth — in Deep Time. Palaeozoic Series: Devonian & Carboniferous / *T.J. Suttner, E. Kido, P. Königshof, A. Waters, L. Davis, F. Messner Eds*. – Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, 2016. – P. 194–196.

Menning M., Alekseev A.S., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Deuyst F.-X., Forke H.C., Grunt T.A., Hance L., Henkel P.H., Izokh N.G., Jin Y.-G., Jones P.J., Kotlyar G.V., Kozur H.W., Nemirovska T.I., Schneider J.W., Wang X.-D., Weddige K., Weyer D., Work D.M. Global time scale and regional stratigraphic reference scales of Central and West Europe, East Europe, Tethys, South China, and North America as used in the Devonian – Carboniferous – Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003) // Science Direct. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2006. – No. 240. – P. 318–372.

Nemirovskaya T.I., Alekseev A.S. The Bashkirian conodonts of the Askyn section. Bashkirian mountains, Russia // Bulletin de la Societe Belge de Geologie. – 1994 (1995). – Vol. 103, No 1–2. – P. 109–133.

References:

Alekseyev A.S. Kamennougol'naya sistema [The Carboniferous System] // *A.I. Zhamoyda, O.V. Petrov Eds*. Sostoyaniye izuchennosti stratigrafii dokembriya i fanerozoya Rossii. Zadachi

dal'neyshikh issledovaniy. Postanovleniya Mezhvedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i yego postoyannykh komissiy. Vyp. 38. SPb.: Izd-vo VSEGEI, 2008. P. 61–68. Prilozhenie 6 (In Russian).

Eynor O.L. Issledovaniya po stratigrafii karbona vostochnoy okrainy Uralo-Volzhskoy neftenosnoy oblasti [A research on Carboniferous Stratigraphy of the eastern margin of the Volga-Urals oil-bearing region (Mountainous Bashkiria)]. L.: Gostoptekhizdat, 1958. 194 p. (In Russian).

Eynor O.L., Furduy R.S., Aleksandrov V.A. Syuranskiy gorizont i problema granitsy nizhnego i srednego karbona na Yuzhnom Urale [Syuranian Horizon and the problem of the boundary between the Lower and Middle Carboniferous in the South Urals] // *O.L. Einor, ed.* Materialy po geologii, gidrogeologii, geokhimii i geofizike Ukrainy, Belorussii, Armenii, Urala, Kazakhstana i Sibiri: Sb. nauch. rabot, № 9. Kiyev: Izd-vo Kiyevskogo un-ta, 1973. P. 92–102 (In Russian).

Grozdilova L.P., Lebedeva N.S. Foraminifery nizhnego karbona i bashkirskogo yarusa srednego karbona Kolvo-Visherskogo kraya [Foraminifers of the Lower Carboniferous and Bashkirian Stage of the Middle Carboniferous of the Kolvo-Vishera region]. Leningrad: 1954, Gostoptekhisdat. P. 4–235 (Trudy VNIGRI, Mikrofauna SSSR, Sbornik 7, Novaya Seriya, 81) (In Russian).

Ivanova R.M. Bashkirskiy yarus srednego techeniya r. Yuryuzani (Zapadnyy sklon Yuzhnogo Urala) [The Bashkirian Stage of the middle course of the Yuryuzan River (western slope of the South Urals] // Ezhegodnik-1994 [Yearbook-1994] / Inst. Geol. Geokhim. UrO RAN. Yekaterinburg, 1995. P. 13–16 (In Russian).

Ivanova R.M. Razrez «Sokol» — gipostratotip bashkirskogo yarusa srednego karbona na Urale [The Sokol Section — gipostratotype of the Bashkirian stage of the Middle Carboniferous] // Materialy po stratigrafii i paleontologii Urala [Materials on the stratigraphy and paleontology of the Urals]. Sbornik nauch. trudov. Vyp. 2. Yekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 1999. P. 21–37 (In Russian).

Ivanova R.M. Fuzulinidy i vodorosli srednego karbona Urala: zonal'naya stratigrafiya, paleobiogeografiya, paleontologiya [Fusulinids and algae of the middle Carboniferous of the Urals: zonal stratigraphy, paleobiogeography, paleontology]. / UrO RAN, Ekaterinburg, 2008. 204 p. (In Russian).

Ivanova R.M., Chuvashov B.I. Bashkirskiy yarus Simskoy mul'dy (zapadnyy sklon Yuzhnogo Urala) [Bashkirian stage of the Sim depression (western slope of the South Urals)] // Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya [Stratigraphy and Geological Correlation]. 1993. T. 1, № 1. P. 76–88 (In Russian).

Kireyeva G.D. Stratigrafiya nizhney chasti srednego karbona v raione Molotovskogo Priural'ya [Stratigraphy of the Lower Carboniferous in the Molotov Preurals region] // Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya. 1949. No 2. P. 77–92 (In Russian).

Klenina L.N., Solov'yeva M.N. Bashkirskiy yarus: 60-letiye ustanovleniya yarusa S.V. Semikhatovoy [Bashkirian stage: 60-th years of the stage establishment by S.V. Semikhatova] // Biostratigrafiya srednego – verkhnego paleozoya Russkoi platformy i skladchatykh oblastey Urala i Tyan'-Shanya [Biostratigraphy of the Middle-Upper Palaeozoic of the Russian Platform and folded areas of the Urals and Tien-Shan]. M.: VNIGNI, 1995. P. 5–15 (In Russian).

Kulagina, E.I., Nikolaeva, S.V. The Bashkirian stratotype at Yuryuzan River in the Southern Urals (Pennsylvanian). In Planet Earth — in Deep Time. Palaeozoic Series: Devonian & Carboniferous / *T.J. Suttner, E. Kido, P. Königshof, A. Waters, L. Davis, F. Messner Eds*. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, 2016. P. 194–196.

Kulagina E.I., Pazukhin V.N., Kochetkova N.M., Sinitsyna Z.A., Kochetova N.N. Stratotipicheskie i opornye razrezy Bashkirskogo yarusa carbona Yuzhnogo Urala [The stratotype and key sections of the Bashkirian Stage (Carboniferous) in the Southern Urals]. Ufa: Gilem, 2001. 139 p. (In Russian).

Librovich L.S. Goniatitovyye fauny karbona SSSR i ikh znacheniye dlya stratigrafii etikh otlozheniy [Goniatite faunas of the Carboniferous of the USSR and their significance for stratigraphy of these deposits]. Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskiy, 1947. V. 22, Iss. 5. P. 51–68 (In Russian).

Menning M., Alekseev A.S., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Deuyst F.-X., Forke H.C., Grunt T.A., Hance L., Henkel P.H., Izokh N.G., Jin Y.-G., Jones P.J., Kotlyar G.V., Kozur H.W., Nemirovska T.I., Schneider J.W., Wang X.-D., Weddige K., Weyer D., Work D.M. Global time scale and regional stratigraphic reference scales of Central and West Europe, East Europe, Tethys, South China, and North America as used in the Devonian – Carboniferous – Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003) // Science Direct. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2006. No. 240. P. 318–372.

Nalivkin V.D. Stratigrafiya i tektonika Ufimskogo plato i Yuryuzano-Sylvenskoy depressii [Stratigraphy and tectonics of the Ufa Plateau in Yuryuzan-Sylva depression]. L.; M: Gostoptekhizdat, 1949. 205 p. (Trudy / VNIGRI; Nov. ser.; Vyp. 46) (In Russian).

Nemirovskaya T.I., Alekseev A.S. The Bashkirian conodonts of the Askyn section. Bashkirian mountains, Russia // Bulletin de la Societe Belge de Geologie. 1994 (1995). Vol. 103. No 1–2. P. 109–133.

Nikolayev A.I. Detal'naya korrelyatsiya bashkirskogo yarusa zapadnogo sklona Urala i vostoka Russkoy platformy po foraminiferam foraminiferam [Detelian correlation of the Bashkirian stage of the western slope of the Urals] // Metodicheskiye aspekty stratigraficheskikh issledovaniy v neftegazonosnykh basseynakh. L., 1989. P. 92–112 (In Russian).

Poletayev V.I. K revizii gruborebristykh khoristitid (Brachiopoda) bashkirskogo yarusa [To the revision of the coarse-bore choristides (Brachiopoda) of the Bashkirian Stage] // Paleontological Journal. – 2004. No 3. – P. 46–52.

Postanovleniya Mezhvedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i yego postoyannykh komissiy [Decisions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its standing commissions]. Iss. 34 / VSEGEI. SPb., 2003. 48 p. (In Russian).

Postanovleniya Mezhvedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i yego postoyannykh komissiy [Decisions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its standing commissions]. Iss. 36 / VSEGEI. SPb., 2006. 63 p. (In Russian).

Rauzer-Chernousova D.M. Bashkirskii ili kayalskii yarus [Bashkirian or Kayalian stage?] // Izvestiya Academii Nauk SSSR, Seriay geologicheskaya. 1949. No 2. P. 61–76. (In Russian).

Regional'nyi Atlas. Chelyabinskaya oblast' [Regional Atlas. Chelyabinsk region]. M.: 439 Tsentral'naya eksperimental'naya voyenno-kartograficheskaya fabrika, 2001. 120 p.

Semikhatova S.V. Otlozheniya moskovskoy epokhi v Nizhnem i Srednem Povolzh'ye i polozheniye moskovskogo yarusa v obshchey skheme naplastovaniy kamennougol'noysistemy v SSSR [Deposits of the Moscow epoch in the Lower and Middle Volga region and the position of the Moscowian stage in the general pattern of bedding of the Carboniferous system in the USSR] // Problemy sovetskoy geologii [Problems of Soviet geology]. 1934. V. 3, No 8. P. 73–90 (In Russian).

Semikhatova S.V. Materialy k stratigrafii nizhnego i srednego karbona Yevropeyskoy chasti SSSR [Materials for the stratigraphy of the Lower and Middle Carboniferous of the European part of the USSR] // Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskiy. 1936. Vol. 14, No 3. P. 191–224 (In Russian).

Semikhatova S.V. Brakhiopody bashkirskikh sloyev SSSR. 1. Rod *Choristites* Fischer. [Brachiopods of the Bashkirian beds of the USSR 1. Genus *Choristites* Fischer]. M.: Izd-vo AN SSSR, 1941. 151 p. (Trudy / PIN AN SSSR; V. 12, Is. 4) (In Russian).

Semikhatova S.V. Bashkirskiy yarus, sloi [Bashkirian stage, beds] // Stratigraficheskiy slovar' SSSR. [Stratigraphic Dictionary of the USSR]. M.: Gos. nauch.-tekh. izd-vo literatury po geologii i okhrane nedr, 1956. P. 117 (In Russian).

Semikhatova S.V., Eynor O.L. Bashkirskiy yarus (sloi) [Bashkirian stage, beds] // Stratigraficheskiy slovar' SSSR: Karbon – Perm' [Stratigraphic Dictionary of the USSR. Carboniferous-Permian]. L.: Nedra, 1977. P. 56 (In Russian).

Semikhatova S.V., Einor O.L., Kireeva G.D., Gubareva V.S., Grozdilova L.P., Degtyarev D.D., Lebedeva N.S., Sinitsyna Z.A. Bashkirskii yuarus Urala (stratotip) [Bashkirian stage of the Urals (stratotype)] // General problems of the Carboniferous stratigraphy: Proceedings of VIII International congress on Carboniferous stratigraphy and geology. Vol. 1 / *S.V. Meyen, V.V. Menner, E.A. Reitlinger, A.P. Rotai, M.N.Solovieva Eds*. Moscow: Publishing office «Nauka» 1978. P. 112–118 (In Russian).

Sinitsyna Z.A. Bashkirskiy yarus po r. Lakly na zapadnom sklone Yuzhnogo Urala [Bashkirian Stage at Lakly River on the western slope of the South Urals] // Stratigrafiya i geologiya karbona Yuzhnogo Urala i vostochnoy okrainy Russkoy platformy [Stratigraphy and geology of the Carboniferous of the Southern Urals and the eastern margin of the Russian Platform] / BFAN SSSR. Ufa, 1975. P. 86–94 (In Russian).

Sinitsyna Z.A., Sinitsyn I.I. Biostratigrafiya bashkirskogo yarusa v stratotipe [Biostratigraphy of the Bashkirian Stage at its Stratotype] / BFAN SSSR. Ufa, 1987. 76 p. (In Russian).

Sinitsyna Z.A., Sinitsyn I.I., Eynor O.L., Shamov D.F. Putevoditel' ekskursii po karbonu gornoy chasti Bashkirii [Guidebook of the Field Tripe on Caeboniferous of the Mountain Bashkortostan]. Ufa: Bashknigoizdat, 1972. 66 p. (In Russian).

Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembriy, paleozoi) [Stratigraphic Schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)], Yekaterinburg: Inst. Geol. Geochem. Ural. Branch, Rus. Acad. Sci., 1993 (In Russian).

Stratigraficheskii kodeks Rossii [Stratigraphic code of Russia]. Sankt-Peterburg: VSEGEI, 2006. 96 p. (In Russian).

Teodorovich G.I. K geologii srednego i verkhnego karbona zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [On geology of the Middle and Upper Carboniferous of the western slope of the Southern Urals] // Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody. Otdel Geologicheskiy. 1935. T. 13, Vyp. 1. P. 81–98 (In Russian).

Teodorovich G.I., Grozdilova L.P., Lebedeva N.S. Nekotoryye dannyye o podrazdelenii bashkirskogo yarusa Gornoy Bashkirii po faune foraminifer [Some data on the subdivision of the Bashkirian Stage of Mountainous Bashkiria according to the fauna of foraminifera] // Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel Geologicheskiy. 1959. V. 34. Vyp. 6. P. 103–115 (In Russian).

Zhernovkova T.V., Ardislamov F.R. Razrezy bashkirskogo yarusa Bol'shaya Luka i Askyn — Ob"yekty geologicheskogo naslediya Respubliki Bashkortostan [The Bolshaya Luka and Askyn Sections (the Bashkirian Stage) – geological heritage objects in the Republic of Bashkortostan]. Vestnik Bashkirskogo Universiteta [Bulletin of Bashkir University], 2017, V. 22, No 3. P. 726–732 (In Russian).

Zonal'naya stratigrafiya fanerozoya Rossii [Biozonal stratigraphy of the Phanerozoic in Russia] / T.N. Koren' ed. SPb.: Izd-vo VSEGEI, 2006. 256 p. (In Russian).

Сведения об авторе:

Кулагина Елена Ивановна, доктор геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: kulagina@ufaras.ru

About the autor:

Kulagina Elena Ivanovna, doctor of geol. and mineral. sciences, Institute of Geology — Separate subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: kulagina@ufaras.ru

УДК 551.736.1: 563.12: 470.57 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-10

ЗНАЧЕНИЕ ФОРАМИНИФЕР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРУСНЫХ ГРАНИЦ ПЕРМСКОЙ СИСТЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА МЕЧЕТЛИНО

© 2018 г. Т. Н. Исакова, Т. В. Филимонова, Е. И. Кулагина

Реферат. Приводятся результаты изучения распространения фораминифер в разрезе Мечетлино, потенциальном кандидате на стратотип нижней границы кунгурского яруса Приуральского (нижнего) отдела пермской системы. В 2015–2016 гг. отобрано 20 образцов, в результате обработки которых на 17 уровнях разреза получены специфические комплексы фузулинид и мелких фораминифер. Ранее фораминиферы были обнаружены только на трех уровнях. Наиболее представительный комплекс фузулинид определен из нижней части разреза в интервале слоев 3–6, он характерен для саргинского горизонта Урала. В этом интервале разреза распространена морфологически близкая группа видов *Pseudofusulina urasbajevi* и группа фораминифер *Uralofusulinella arkaulensis*. Выше по разрезу в слоях 8, 10, 14 и 15 присутствуют единичные раковины фузулинид или фрагменты раковин. Мелкие фораминиферы обнаружены на 17 уровнях и представлены 59 видами 22 родов. Первый комплекс фораминифер саргинского горизонта, второй — саранинского, третий имеет более общий кунгурский облик. Выше предполагаемой границы среди мелких фораминифер определены маркеры саранинского горизонта кунгурского яруса. Показано, что стратиграфический потенциал фораминифер позволяет использовать эту группу микрофауны для дробного расчленения разреза Мечетлино и межрегиональной корреляции отложений.
Ключевые слова: пермская система, кунгурский ярус, Международная стратиграфическая шкала, фузулиниды, мелкие фораминиферы

THE SIGNIFICANCE OF FORAMINIFERS IN DEFINITION OF THE STAGE BOUNDARIES IN THE PERMIAN SYSTEM OF THE INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC SCALE AT THE EXAMPLE OF THE MECHETLINO SECTION

T. N. Isakova, T. V. Filimonova, E. I. Kulagina

Abstract. The results of the study of distribution of foraminifers in the Mechetlino section, a potential candidate for the stratotype of the lower boundary of the Kungurian stage of the Cisuralian Series (Lower Permian) are presented. 20 samples were selected in 2015–2016 years. Specific complexes of fusulinides and smaller foraminifers were obtained at 17 levels of the section. Foraminifers were found only on three levels before these studies. The most representative complex of fusulinides is determined from the lower part of the section in layers 3–6. This assemblage is characteristic for the Sargian horizon of the Urals. The morphologically similar group of *Pseudofusulina urasbajevi* and *Uralofusulinella arkaulensis* group are located in this interval of the section. The single shells of fusulinides or fragment of shells are found in the layers 8, 10, 14 and 15. Smaller foraminifers are found on 17 levels and are represented by 59 species of 22 genera. The first foraminiferal complex belong to the Sargian horizon, the second — to the Saranian, the third has a more general Kungurian image. Markers of the Saranian horizon of the Kungurian among smaller foraminifers are determined above the assumed boundary. It is shown that the stratigraphic potential of foraminifers makes it possible to use this group of microfauna for a detailed subdivision of the Mechetlino section and interregional correlation of deposits.
Key words: Permian system, Kungurian stage, International Stratigraphic Scale, fusulinides, smaller foraminifers

Введение

Прошло более 150 лет со времени выделения пермской системы — единственного стратиграфического подразделения такого высокого ранга Международной стратиграфической шкалы, установленного на территории России [Мурчисон, 1841]. Изучение стратотипов всех ярусов этой системы, установленных в разрезах Русской платформы и западного склона Урала, актуально и на

сегодняшний день в связи с разработкой Международной стратиграфической шкалы (МСШ). Специально созданы Международные рабочие группы по выбору и обоснованию нижней границы каждого яруса международной стратиграфической шкалы и эталонного разреза, содержащего эту границу (точка глобального стратотипа границы или GSSP — A Global Boundary Stratotype Section and Point), в том числе и для ярусов пермской системы.

Особые трудности вызывает определение нижней границы кунгурского яруса, поскольку изначально кунгурский ярус не имел стратотипа и представлял собой литостратиграфическое подразделение [Штукенберг, 1890; Чувашов, 1997; Чувашов, Черных, 2000]. В течение последних полутора десятков лет усилия исследователей были направлены на получение полной палеонтологической характеристики пограничных артинско-кунгурских отложений, что позволило предложить новый стратотип нижней границы кунгурского яруса [Чувашов и др., 2000] — разрез Мечетлино. Разрез расположен на правом берегу р. Юрюзань, в ее среднем течении у с. Мечетлино Салаватского района Республики Башкортостан. В целях международного признания и глобальной корреляции кунгурского яруса необходимо его всестороннее обоснование.

Исторически сложилось так, что биостратиграфия нижнепермских отложений создавалась на основе таких ортостратиграфических групп, как фузулиниды и аммоноидеи. В настоящее время все большая роль принадлежит конодонтам. В течение ряда последних лет именно эта группа микрофауны была детально изучена в разрезе Мечетлино [Черных, 2005, 2006; Черных, Чувашов, 2006; Chuvashov, Chernykh, 2004] и выявлены две филолинии *Neostreptognathodus pnevi – N. lectulus* и *N. ruzhencevi – N. lectulus* видов-маркеров нижней границы кунгурского яруса [Chernykh et al., 2015]. Эти маркеры позволяют коррелировать границу кунгурского яруса в разрезах США и Канады [Kotlyar et al., 2016]. Также изучена и другая ортостратиграфическая группа — аммоноидеи. Намечен уровень появления считающегося кунгурским видом *Uraloceras tchuvaschovi*, примерно совпадающий с границей по конодонтам в основании саранинского горизонта кунгурского яруса [Бойко, 2010]. В пограничной артинско-кунгурской части разреза Мечетлино по аммоноидеям выделен биостратиграфический стратон — слои с *Clausiuraloceras* sp. nov. Нижняя граница нового биостратона близка к границе артинского и кунгурского ярусов, поскольку новый вид представляет раннекунгурский этап развития парагастриоцератид [Kutygin, 2017].

Состояние изученности фораминифер разреза Мечетлино

Наряду с конодонтами и аммонитами ведущее положение среди потенциальных биостратиграфических маркеров ярусных границ МСШ занимают фораминиферы. Для позднедевонских – пермских фораминифер принято их деление на фузулиниды (к ним относятся вымершие в конце пермского периода фораминиферы надотряда Fusulinoida Fursenko, 1958) и мелкие фораминиферы (к которым относятся фораминиферы всех остальных надотрядов, живших в это время, вне зависимости от их размера). Стратиграфический потенциал фузулинид как каменноугольно-пермской группы фораминифер использован при создании зональных шкал нижнепермских ярусов — ассельского, сакмарского и артинского стратиграфической уральской шкалы [Стратиграфические..., 1993]. Для биостратиграфии кунгурского яруса все большее значение приобретают мелкие фораминиферы [Filimonova, 2010; Filimonova, Isakova, 2017], которые занимают на Урале экологическую нишу, освободившуюся в результате исчезновения фузулинид.

Фузулиниды и мелкие фораминиферы разреза Мечетлино долгое время не были изучены. Списочный состав характерного комплекса фузулинид саргинского горизонта в разрезе Мечетлино, включающий *Parafusulina solidissima* Rauser-Chernousova, *P. lutugini* (Schellwien), *Pseudofusulina juresanensis* Rauser-Chernousova, *P. prolutugini* Rauser-Chernousova, *P.* aff. *kutkanensis* Rauser-Chernousova, *P. concavutas* Vissarionova, *P. concavutas adelpha* Rauser-Chernousova, *P.* aff. *paraconcessa* Rauser-Chernousova, указывался В.П. Пневым [Пнев и др., 1972] при описании артинского яруса Среднего Урала. Затем Б.И. Чувашов, изучая фузулинид зоны Parafusulina solidissima на Урале, выделил новый вид *Pseudofusulina postsolida* Tschuvashov, голотип которого был описан из саргинского горизонта у д. Мечетлино [Чувашов, 1980]. В дальнейшем при описании стратотипа нижней границы кунгурского яруса в артинской части разреза в габдрашитовской свите (саргинский горизонт) был указан комплекс фузулинид, включающий *Pseudofusulina kutkanensis* Rauser-Chernousova, *P.* aff.

kusjanovi Rauser-Chernousova, *P. franklinensis* Rauser-Chernousova, *P. postsolida* Tchuvashov, *P. makarovi* Rauser-Chernousova, *Parafusulina solidissima* Rauser-Chernousova,— всего шесть таксонов [Чувашов, Черных, 2000]. Позже фузулиниды и некоторые мелкие фораминиферы были указаны и изображены при выдвижении разреза Мечетлино в качестве кандидата GSSP кунгурского яруса [Chernykh et al., 2012]. Всего изображено 18 таксонов. Эти же сведения включены в Путеводитель по Южному Уралу XVIII Международного конгресса по карбону и перми в описании разреза Мечетлино [Chernykh et al., 2015]. Таким образом, фузулиниды и мелкие фораминиферы, по сравнению с двумя другими ортостратиграфическими группами фауны, оказались наименее изученными и требуют дополнительных исследований.

Послойный отбор образцов на фораминиферы в разрезе Мечетлино был начат Т.В. Филимоновой в 2015 г. во время экскурсии Международного конгресса по карбону и перми и продолжен в 2016 г. совместно с рабочей группой по изучению разрезов, являющихся потенциальными кандидатами на GSSP артинского и кунгурского ярусов (руководитель Г.В. Котляр). В 2016 и 2017 гг. были сделаны расчистки (рис. 1), послойно отобраны образцы на многие группы фауны (конодонты, аммоноидеи, брахиоподы, фораминиферы). Предварительные результаты изучения фораминифер были доложены [Filimonova, Isakova, 2017].

Фораминиферы пограничного интервала артинского и кунгурского ярусов в разрезе Мечетлино

Характеристика фораминиферовой биоты (включающая фузулинид и мелких фораминифер) получена по результатам изучения двадцати образцов, послойно отобранных Т.В. Филимоновой в 2015–2016 гг. Ориентированные шлифы для изучения фузулинид сделаны Т. Исаковой и Т. Филимоновой, мелкие фораминиферы изучались как в ориентированных, так и в неориентированных петрографических шлифах (всего 240 шлифов). Большинство фузулинид и редких мелких фораминифер обнаружено в аргиллитах, в которых также встречаются обломки мшанок, брахиопод и аммоноидей (слой 3). Мелкие фораминиферы играют породообразующую роль в отдельных прослоях мелкофораминиферовых известняков (слои 6, 8, рис. 2), реже встречаются в детритовых известковистых песчаниках (слои 10, 11), крайне редко —

Рис. 1. Верхняя часть разреза Мечетлино после расчистки 2017 г., слои 7–12

Fig. 1. The upper part of the Mechetlino section after clearing in 2017, 7–12 beds

Рис. 2. Мелкофораминиферовый известняк (слой 8). Мелкие фораминиферы (светлые на кремовом фоне) представлены свободными либо прикрепленными, спирально-плоскостными либо клубкообразными раковинами родов *Cornuspira*, *Hemigordius*, *Pseudoglomospira*, *Pseudoagathammina*, *Hemigordiellina*

Fig. 2. Smaller foraminiferal limestone (layer 8). Smaller foraminifers (light on a creamy background) are represented by free or attached, spiral-planar or coil-shaped shells of the genera *Cornuspira*, *Hemigordius*, *Pseudoglomospira*, *Pseudoagathammina*, *Hemigordiellina*

в отдельных известковых прослоях песчаников (слой 15). В слое 8 мелкие фораминиферы играют породообразующую роль и представлены помимо лагенид видимыми невооруженным глазом представителями родов *Cornuspira*, *Hemigordius*, *Pseudoglomospira*, *Pseudoagathammina*, *Hemigordiellina*.

Фузулиниды

Фузулиниды распространены по разрезу неравномерно и относительно редки. Наиболее обогащены раковинами фузулинид отложения нижней части разреза в интервале слоев 3–6 (рис. 3). Выше

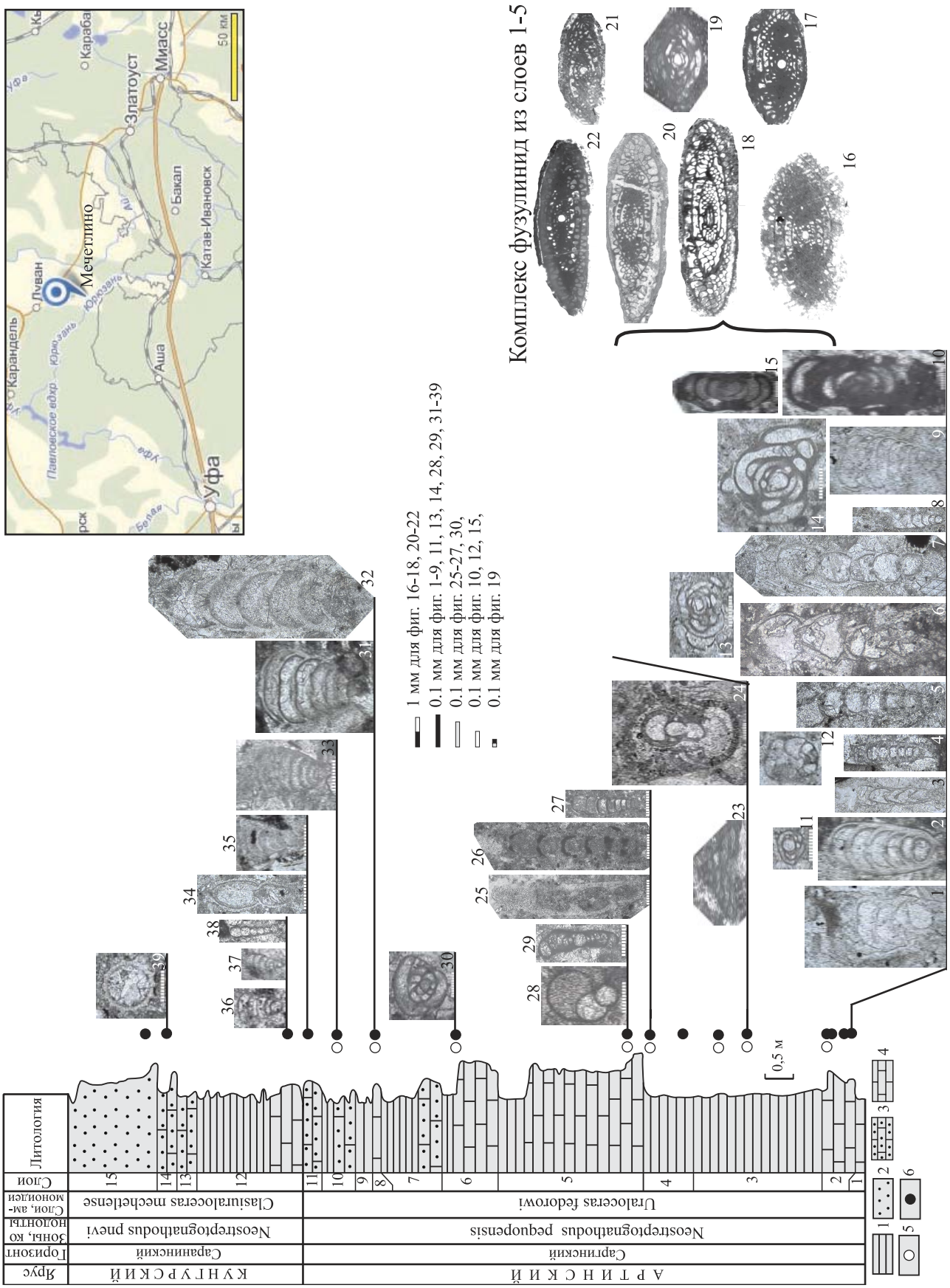
Рис. 3. Биостратиграфическое распределение фораминифер в разрезе Мечетлино (разрез приведен по данным В.В. Черных и др.) →

Условные обозначения: 1 — аргиллит, 2 — песчаник, 3 — известковистый песчаник, 4 — известняк, 5 — фузулиниды, 6 — мелкие фораминиферы.

Fig. 3. Biostratigraphic distribution of foraminifers in the Mechetlino section (the section is given by V.V. Chernykh et al.)

Legend: 1 — mudstone, 2 — sandstone, 3 — calcareous sandstone, 4 — limestone, 5 — fusulinides, 6 — smaller foraminifers.

1. *Howchinella sossipatrovae* (Baryshnikov et Koscheleva, 1982); 2. *Howchinella inflata* (Gerke, 1952); 3. *Nodosinelloides pseudoincelebrata* (Sossipatrova, 1969); 4. *Pachyphloia* ex gr. *linae* (K. M.-Maclay, 1954); 5. *Protonodosaria proceraformis* (Gerke, 1952); 6. *Nodosinelloides* cf. *cubanicus elongatus* Filimonova, 2008; 7. *Nodosinelloides netchajewi rasik* (Baryshnikov, 1982); 8. *Howchinella porrecta* (Filimonova, 2010); 9. *Geinitzina postcarbonica* Spandel, 1901; 10. *Hemigordius permicus* Grozdilova, 1956; 11. *Pseudoagathammina pseudoseptata* (Lipina, 1949); 12. *Globivalvulina retroseptata* Vachard, Krainer et Lucas, 2015; 13. *Pseudoagathammina regularis* (Lipina, 1949); 14. *Pseudoagathammina dublicata* (Lipina, 1949); 15. *Hemigordius longus* Grozdilova, 1956; 16. *Pseudofusulina exigua* (Schellwien et Dyhrenfurth, 1909); 17. *Pseudofusulina nucula* Tschuvashov, 1990; 18. ?*Parafusulina* cf. *cara* Grozdilova, 1980; 19. *Uralofusulinella arkaulensis* (Tschuvashov, 1980); 20. *Pseudofusulina postsolida* Tschuvashov, 1980; 21. *Pseudofusulina urasbajevi speciosa* Rauser-Chernousova, 1949; 22. *Pseudofusulina urasbajevi* Rauser-Chernousova, 1949; 23. *Tetrataxis secunda* Igonin, 1970; 24. *Bradyina* ex gr. *majoraeformis* Zolotova, 1982; 25. *Nodosinelloides russkaensis* Karavaeva et Nestell, 2007; 26. *Nodosinelloides* ex gr. *krotovi* Tscherdynzev, 1914; 27. *Protonodosaria praecursor* (Rauser-Chernousova, 1949); 28. *Lateenoglobivalvulina spiralis* (Morozova, 1949); 29. *Hemigordius cornuspiroides* Sossipatrova, 1969; 30. ?*Schubertella* sp., 31. *Geinitzina spandeli irginensis* Baryshnikov, 1982; 32. *Howchinella* ex gr. *woodwordi* (Howchin, 1895); 33. *Howchinella impolita* (Crespin, 1958); 34. *Nodosinelloides* sp. 1, 35. *Howchinella* aff. *minutissima* (Paalzow, 1935); 36. *Howchinella breggeri* (Sossipatrova, 1969); 37. *Howchinella semiovalis* (Zolotova et Sossipatrova, 1969), 38. *Nodosinelloides clavatoides* (Rauser-Chernousova et Scherbovich, 1998); 39. *Nodosinelloides ex gr. decoris* (Crespin, 1958).


Карандель
Луван
Мечетлино
Златоуст
Миасс
Караба
Аша
Бакал
Катав-Ивановск
Уфа
50 км
Комплекс фузулинид из слоев 1-5
1 мм для фиг. 16-18, 20-22
0.1 мм для фиг. 1-9, 11, 13, 14, 28, 29, 31-39
0.1 мм для фиг. 25-27, 30,
0.1 мм для фиг. 10, 12, 15,
0.1 мм для фиг. 19
0,5 м
Литология
Слои
Слои, аналоги
Зоны, подзоны
Горизонт
Ярус
Ural'oceras fedorovi
Clasiuraloceras mechetlense
Neostreptognathodus pequopensis
Neostreptognathodus pnevi
Сартинский
Саранинский
АРТИНСКИЙ
КУНГУРСКИЙ

по разрезу в слоях 8, 10, 14 и 15 присутствуют единичные раковины фузулинид или фрагменты раковин. Ранее в разрезе фораминиферы были обнаружены только на трех уровнях [Chernykh et al., 2015]. В целом фузулиниды нижней части разреза (слои 3–5) характерны для саргинского горизонта Урала. В этом интервале разреза распространена морфологически близкая группа видов *Pseudofusulina urasbajevi urasbajevi* Rauser-Chernousova, *Ps. urasbajevi speciosa* Rauser-Chernousova, *Ps. seleukensis* Rauser-Chernousova, *Ps. nucula* Tschuvashov, *Ps. postsolida* Tschuvashov, ?*Parafusulina* cf. *cara* Grozd., *Uralofusulinella arkaulensis* (Tschuvashov) и некоторые др. Род *Pseudofusulina* характерен для нижнепермских отложений, а группа *Pseudofusulina urasbajevi* широко распространена в иргинском и саргинском горизонтах на западном склоне Урала [Чувашов и др., 1999]. Аналогичное распространение имеет вид *Uralofusulinella arkaulensis*, присутствующий в отложениях иргинского и саргинского горизонтов западного склона Среднего и Южного Урала [Чувашов, 1980], а также Соль-Илецкого свода [Филимонова и др., 2015]. В верхней части разреза число фузулинид заметно сокращается. В интервале слоев 6–10 под предполагаемой границей кунгурского яруса [Kotlyar et al., 2016] фузулиниды единичны: присутствуют фрагменты раковин рода *Pseudofusulina*, продолжают встречаться *Uralofusulinella* sp., появляются *Parastaffelloides* sp., ?*Reitlingerina* sp. и очень мелкие формы, схожие с *Schubertella turaevkensis* Barysh. Выше границы кунгурского яруса в слоях 14, 15 присутствуют обрывки раковин, степень сохранности которых не позволяет определить их родовую принадлежность. Наряду с фузулинидами разрез Мечетлино послойно охарактеризован мелкими фораминиферами, доминирующими в изученных образцах.

Мелкие фораминиферы

Мелкие фораминиферы обнаружены на 17 уровнях и представлены большим разнообразием таксонов (см. рис. 3). В нижней части разреза в слоях 1–8 обнаружено 50 видов 21 рода мелких фораминифер. В комплексе присутствуют виды, характерные для артинских отложений Урала — *Nodosinelloides netchajewi rasik* (Baryshnikov), *Howchinella sossipatrovae* (Baryshnikov et Koscheleva), *Endothyranella tersa* Igonin, *Bradyina* ex gr. *majoraeformis* Zolotova, *Deckerella elegans kamaica* Baryshnikov, северо-восточных районов России — *Protonodosaria proceraformis* (Gerke), а также для артинско-кунгурских отложений Приуралья, Печорского края — *Lateenoglobivalvulina spiralis* (Morozova) и северо-востока России — *Howchinella inflata* (Gerke). В комплексе присутствуют виды, характерные для яхташских — *Howchinella porrecta* (Filimonova) и яхташско-болорских отложений Западного Тетиса — *Geinitzina gigantea* K. M.-Maclay, *Nodosinelloides* cf. *cubanicus elongatus* Filimonova и ?*Pachyphloia* ex gr. *linae* (K. M.-Maclay), *Geinitzina spandeli irginensis* Baryshnikov. Кроме них присутствуют единичные виды из кунгурских отложений Нью-Мексики (США) — *Hemigordiellina simplex* (Harlton), *H. elegans* (Lipina), *Globivalvulina retroseptata* Vachard, Krainer et Lucas и *Globivalvulina praegraeca* Vachard, Krainer et Lucas, а также Австралии — *Howchinella* ex gr. *woodwordi* (Howchin).

Второй комплекс в слоях м10–м12 состоит из 21 вида 13 родов. В слое м10–1 количество таксонов резко снижается, но в нем появляются мелкие фораминиферы вида *Howchinella impolita* (Crespin), характерного для кунгурских отложений Австралии. В слое 11 появляется вероятный индекс-вид саранинского горизонта Приуралья *Nodosinelloides* sp. 1, а также *Howchinella* aff. *minutissima* (Paalzow) для горизонта гладких фрондикулярий севера России. В слое 12 комплекс обогащается видами *Howchinella semiovalis* (Zolotova et Sossipatrova), *Howchinella breggeri* (Sossipatrova) и разнообразными *Nodosinelloides* и *Geinitzina*, также характерными для саранинского горизонта (разрез Чикали).

Третий комплекс слоев м14–м15 состоит из 15 видов 12 родов. В нем появляются формы с ребристыми боками раковин — *Nodosinelloides* ex gr. *decoris* (Crespin). Этот морфологический признак характерен для кунгурских видов Австралии.

Выводы

Распространение фузулинид и мелких фораминифер показывает возможность выделения характерных комплексов для большинства опробованных слоев разреза Мечетлино. Нижняя часть разреза под предполагаемой границей кунгурского яруса [Kotlyar et al., 2016] характеризуется комплексом фузулинид саргинского горизонта артинского яруса. Выше доминантное значение имеют мелкие фораминиферы, среди которых выделяются 3 комплекса. Первый комплекс фораминифер саргинского горизонта, второй — саранинского, третий имеет более общий кунгурский облик. Ниже предполагаемой границы среди мелких фораминифер определены маркеры саранинского горизонта

кунгурского яруса. Таким образом, стратиграфический потенциал фораминифер позволяет использовать эту группу микрофауны для дробного расчленения разреза Мечетлино и корреляции отложений за пределами стратотипической местности. Разрез Мечетлино доступен для изучения, насыщен разнообразными группами фауны и является потенциальным кандидатом GSSP кунгурского яруса последние 15 лет.

Исследования проведены в соответствии с планами научно-исследовательской работы ГИН РАН (Исакова Т.Н., Филимонова Т.В., тема госзадания № 0135-2018-0036) и ИГ УФИЦ РАН (Кулагина Е.И., тема госзадания № 0252-2014-0002).

Литература:

Бойко М.С. Аммоноидеи из артинско-кунгурских отложений разреза Мечетлино (Южный Урал) // Бюлл. Московского общества испытателей природы. Отд. геол. – 2010. – Т. 85, – Вып. 5. – С. 33–39.

Мурчисон Р.И. Геологические наблюдения в России // Горный журнал. – 1841. – Ч. 4, Кн. 11–12. – С. 160–169.

Пнев В.П., Гроздилова В.П., Кручинина А.Н., Симакова М.А., Михайлова Е.Н. Артинский ярус Среднего Урала // Стратиграфия. Записки Ленингр. горного ин-та. – 1972. – Т. LXIII, вып. 2. – С. 86–94.

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). – Екатеринбург, 1993.

Филимонова Т.В., Горожанина Е.Н., Исакова Т.Н., Горожанин В.М. Приуральский отдел пермской системы юго-восточной части Соль-Илецкого свода: биостратиграфия и литолого-фациальные особенности // Стратиграфия. Геологическая Корреляция. – 2015. Т. 23, № 2. С. 17–42.

Черных В.В. Зональный метод в биостратиграфии. Зональная шкала нижней перми Урала по конодонтам. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. – 217 с.

Черных В.В. Нижнепермские конодонты Урала. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. – 130 с.

Черных В.В., Чувашов Б.И. О нижней границе кунгурского яруса в разрезе Мечетлино // Ежегодник–2005 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – С. 36–38.

Чувашов Б.И. Фузулиниды зоны Parafusulina solidissima на Урале // Биостратиграфия артинского и кунгурского ярусов Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. – С. 56–71.

Чувашов Б.И. Кунгурский ярус пермской системы. Проблемы выделения и корреляции // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 1997. – Т. 5, № 3. – С. 10–28.

Чувашов Б.И., Черных В.В. Кунгурский ярус Общей стратиграфической шкалы пермской системы // Докл. РАН. – 2000. – Т. 375, № 3. – С. 370–374.

Чувашов Б.И., Черных В.В., Богословская М.Ф., Мизенс Г.А. Биостратиграфия пограничных артинско-кунгурских отложений Западного Урала и Приуралья // Верхнепермские стратотипы Поволжья. – М.: ГЕОС, 1999. – С. 336–369.

Штукенберг А.А. Общая геологическая карта России. Лист 138. – СПб., 1890. – 115 с. [Тр. Геол. комитета; Т. 4, № 2].

Chuvashov B.I., Chernykh V.V. Kungurian Stage of the Cis-Uralian division: biostratigraphy and correlative potential // Permophiles. – 2004. – V. 44. – P. 12.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section: A candidate for the Global Stratotype and Point (GSSP) of the Kungurian Stage (Cisuralian, Lower Permian) // Permophiles. – 2012. – No 56. – P. 21–34.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section // Southern Urals. Deep water successions of the Carboniferous and Permian / *D.K. Nurgaliev (Ed.)*: Pre-Congress A3 Trip, 6–10 Aug., 2015. A Field Guidebook of XVIII International Congress on Carboniferous and Permian. August 11–15, 2015, Kazan, Russia. – Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Press, 2015. – P. 5–19. – [http://kpfu.ru/iccp2015].

Filimonova T.V. Smaller Foraminifers of the Lower Permian from Western Tethys // Stratigraphy and Geological Correlation. – 2010. – Vol. 18, No. 7. – P. 687–811.

Filimonova T.V., Isakova T.N. New data on foraminifers from Mechetlino section — the GSSP candidate for the Kungurian Stage // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting–2017 and Fourth All-Russian Conference "Upper Palaeozoic of Russia" Earth systems: high-precision biostratigraphy, geochronology and petroleum resources: Abstract volume. Kazan, Sept., 19–23, 2017. – Kazan: Kazan University Press, 2017. – P. 49–50.

Kotlyar G., Sungatullina G., Sungatullin R. GSSPs for the Permian Cisuralian Series stages // Permophiles Issue. – 2016. – V. 63. – P. 32–37.

Kutygin R.V. Ammonoids around the Artinskian-Kungurian boundary in the Mechetlino-3 section (Southern Cisuralian Region) // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting-2017 and Fourth All-Russian Conference "Upper Palaeozoic of Russia" Earth systems: high-precision biostratigraphy, geochronology and petroleum resources: Abstract volume. Kazan, Sept., 19–23, 2017. – Kazan: Kazan University Press, 2017. – P. 113–114.

References:

Boiko M.S. Ammonoidei iz artinsko-kungurskikh otlozeniy razreza Mechetlino (Yuznyi Ural) [Ammonoideas from Artinskian-Kungurian deposits of Mechetlino section (Southern Ural)] // Byull. Moskovskogo Obschestva Ispytatelei Prirody. Otdelenie Geologicheskoe [Bull. Moscow Society of Naturalists. Geological department]. 2010. Vol. 85, Iss. 5. P. 33–39 (In Russian).

Chernykh V.V. Zonalnyi metod v biostratigrafii. Zonalnaya shcala nihznei permi Urala po conodontam [Zonal method in biostratigraphy. Zonal scale of the Lower Permian of the Urals of conodonts]. Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 2005. 217 p. (In Russian).

Chernykh V.V. Nizhnepermskie konodonty Urala [Lower Permian conodonts of the Urals]. Ekaterinburg: IGG UrB RAS, 2006. 130 p. (In Russian).

Chernykh V.V., Chuvashov B.I. O nizhnei granitce kungurskogo yarusa v razreze Mechetlino [About the lower boundary of the Kungurian Stage in the Mechetlino section] // Ezhegodnik–2005 / Institut geologii i geokhimii UrB RAS [Yearbook–2005 Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. Ekaterinburg: UrB RAS, 2006. P. 36–38 (In Russian).

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section: A candidate for the Global Stratotype

and Point (GSSP) of the Kungurian Stage (Cisuralian, Lower Permian) // Permophiles. – 2012. – No 56. – P. 21–34.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section // Southern Urals. Deep water successions of the Carboniferous and Permian / *D.K. Nurgaliev (Ed.)*: Pre-Congress A3 Trip, 6–10 August, 2015. A Field Guidebook of XVIII International Congress on Carboniferous and Permian. August 11–15, 2015, Kazan, Russia. – Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Press, 2015. – P. 5–19. [http://kpfu.ru/iccp2015].

Chuvashov B.I. Fusulinidy zony Parafusulina solidissima na Urale [Fusulinides of Parafusulina solidissima Zone in the Urals] / Biostratigraphiya artinskogo i Kungurskogo yarusov Urala [Biostratigraphy of the Artinskian and Kungurian Stages of the Urals]. Sverdlovsk: UNSC of the USSR Academy of Sciences, 1980. P. 56–71 (In Russian).

Chuvashov B.I. Kungurskii yarus permskoi sistemy. Problemy vydeleniya I korrelyatcii [Kungurian stage of the Permian System. Problems of Forming and Correlation] // Stratigraphy. Geological correlation. 1997. Vol. 5, Iss. 3. P. 10–28 (In Russian).

Chuvashov B.I., Chernykh V.V. Kungurian Stage of the Cis-Uralian division: biostratigraphy and correlative potential // Permophiles. 2004. V. 44. P. 12.

Chuvashov B.I., Chernykh V.V. Kungurskii yarus Obschei stratigraphicheskoi shkaly permskoi sistemy [Kungurian Stage of the Russian Stratigraphic Scale of the Permian System] // Dokl. RAS. 2000. Vol. 375, Iss. 3. P. 370–374 (In Russian).

Chuvashov B.I., Chernykh V.V., Bogoslovskaya M.F., Misens G.A. Biostratigraphiya pogranichnykh artinsko-kungurskikh otlozhenii Zapadnogo Urala b Ptiuraliya [Biostratigraphy of boundary Artinskian-Kungurian deposits of the Western Urals and the Priurals] // Verkhnepermskie stratotipy Povolzhiya [Upper Permian stratotypes of the Volga region]. Moscow: GEOS, 1999. P. 336–369 (In Russian).

Filimonova T.V. Smaller Foraminifers of the Lower Permian from Western Tethys // Stratigraphy and Geological Correlation. 2010. Vol. 18, No. 7, P. 687–811.

Filimonova T.V., Isakova T.N., Gorozhanina E.N., Gorozhanin V.M. Cisuralian Series of the Permian System of the south-eastern Sol-Iletsk Swell: biostratigraphy and lithology // Stratigraphy and Geol. Correlation. 2015. V. 23, No 2. P. 131–154.

Filimonova T.V., Isakova T.N. New data on foraminifers from Mechetlino section — the GSSP candidate for the Kungurian Stage // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting–2017 and Fourth All-Russian Conference "Upper Palaeozoic of Russia" Earth systems: high-precision biostratigraphy, geochronology and petroleum resources: Abstract volume. Kazan, Sept., 19–23, 2017. Kazan: Kazan University Press, 2017. P. 49–50.

Kotlyar G., Sungatullina G., Sungatullin R. GSSPs for the Permian Cisuralian Series stages // Permophiles Issue. 2016. V. 63. P.32–37.

Kutygin R.V. Ammonoids around the Artinskian-Kungurian boundary in the Mechetlino-3 section (Southern Cisuralian Region) // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting–2017 and Fourth All-Russian Conference "Upper Palaeozoic of Russia" Earth systems: high-precision biostratigraphy, geochronology and petroleum resources: Abstract volume. Kazan, Sept., 19–23, 2017. Kazan: Kazan University Press, 2017. P. 113–114.

Murchison R.I. Geologicheskie nablyudeniya v Rossii [Geological observations in Russia] // Gornyi zhurnal [Mining Journal]. 1847. Part 4, book. 11–12. P. 160–170 (In Russian).

Pnev V.P., Grozdilova V.P., Kruchinina A.N., Simakova M.A., Mikhaylova E.N. Artinskiy Yarus Srednego Urala [Artinskian Stage of the Middle Urals] / Stratigraphiya. Zapiski Leningradskogo Gornogo instituta [Stratigraphy. Zapiski of Leningrad Gornyi Institute]. 1972. Vol. LXIII, Iss. 2. Leningrad, P. 86–94 (In Russian).

Shtukenberg A.A. Obschaya geologicheskaya karta Rossii [General geological map of Russia]. L. 138. Trudy Geol komiteta [Trudy Geol. Committee]. St. Petersburg, 1890. T. 4, № 2. 115 p. (In Russian).

Stratigraphicheskie schemy Urala (docambriy, Paleozoi) [Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Ekaterinburg, 1993 (In Russian).

Сведения об авторах:

Исакова Татьяна Николаевна, канд. геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН). E-mail: isakova@ginras.ru

Филимонова Татьяна Валериевна, канд. геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН). E-mail: lasiodiscus@gmail.com

Кулагина Елена Ивановна, доктор геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). E-mail: kulagina@ufaras.ru

About the autors:

Isakova Tatiana Nikolaevna, candidate of geol. and mineral. sciences, Geological Institute RAS Research Organization of the Russian Academy of Sciences (GIN RAS), Moscow. E-mail: isakova@ginras.ru

Filimonova Tatiana Valerievna, candidate of geol. and mineral. sciences, Geological Institute RAS Research Organization of the Russian Academy of Sciences (GIN RAS), Moscow. E-mail: lasiodiscus@gmail.com

Kulagina Elena Ivanovna, doctor of geol. and mineral. sciences, Institute of Geology — Separate subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: kulagina@ufaras.ru

УДК 551.736.1 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-11

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ МЕЧЕТЛИНО (ЮЖНЫЙ УРАЛ). ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

© 2018 г. В. В. Черных, Г. В. Котляр, Р. В. Кутыгин, Т. В. Филимонова, Г. М. Сунгатуллина, Г. А. Мизенс, Р. Х. Сунгатуллин, Т. Н. Исакова, М. С. Бойко, А. О. Иванов, Э. В. Мычко

Реферат. Приведена палеонтологическая характеристика пограничных артинско-кунгурских отложений разреза Мечетлино. Описаны основные группы фауны (конодонты, аммоноидеи, фораминиферы, рыбы, брахиоподы, трилобиты); рассмотрено эволюционное развитие родов конодонтов и аммоноидей. Детально показано распределение характерных комплексов по разрезу, проанализировано их изменение во времени.
Ключевые слова: разрез Мечетлино, пермская система, артинский ярус, кунгурский ярус, конодонты, аммоноидеи, фораминиферы, GSSP кунгурского яруса

THE MECHETLINO SECTION (SOUTHERN URALS). PALEONTOLOGICAL CHARACTERISTICS

V. V. Chernykh, G. V. Kotlyar, R. V. Kutygin, T. V. Filimonova, G. M. Sungatullina, G. A. Mizens, R. Kh. Sungatullin, T. N. Isakova, M. S. Boiko, A. O. Ivanov, E. V. Mychko

Abstract. The paleontological characteristics of the boundary Artinskian-Kungurian deposits of the Mechetlino section are given. The main fauna groups (conodonts, ammonoids, foraminifera, brachiopods, fishes, trilobites) are described; evolutionary development of genera of conodonts and ammonoids is considered. The distribution of characteristic complexes along the section is shown in detail, their changes with time are analyzed.
Key words: Mechetlino section, Permian system, Artinskian Stage, Kungurian Stage, conodonts, ammonoids, foraminifera, GSSP of Kungurian Stage

Введение

В середине 80-х годов прошлого века в связи с усилением требований практической стратиграфии к точности сопоставления стратиграфических границ подразделений Международной стратиграфической шкалы (МСШ) руководство Международной комиссии по стратиграфии предложило организовать исследования по определению и фиксации в стратотипических (эталонных) разрезах точек на границах, которые были бы приняты в качестве границ ярусов МСШ. Маркировка таких точек в разрезе (и соответственно на МСШ) получила название «золотых гвоздей» (по аналогии с golden spike, как в конце XIX века в Америке назывался последний костыль, который забивали в последнюю шпалу в знак свидетельства окончания постройки железной дороги). Сама процедура выбора типового разреза и установления в нем границы яруса МСШ получила название концепции GSSP (Global Stratotype Section and Point) — Глобальный стратотипический разрез и точка. Стратиграфический кодекс России так расшифровывает «золотой гвоздь»: «...это точка, выбранная в конкретном разрезе толщи пород и в определенном географическом районе, являющаяся стандартом для определения нижней границы каждого подразделения общей стратиграфической шкалы. Выбранный уровень должен коррелироваться на обширных пространствах любыми имеющимися методами...» [Стратиграфический..., 1992, с. 75].

В рамках выполнения проектов Международной комиссии по стратиграфии работа по «забиванию» золотых гвоздей продолжается уже более 30 лет. Созданы рабочие комиссии по отдельным стратиграфическим интервалам МСШ. К настоящему времени в результате этих исследований установлено более половины ярусных границ GSSP в фанерозое. Шесть из девяти ярусов пермской системы МСШ уже имеют «золотые гвозди»: 3 — в США, 2 — в Китае, 1 — в Казахстане. Разрезы-кандидаты на роль GSSP трех оставшихся ярусов

(сакмарского, артинского и кунгурского) находятся на территории Республики Башкортостан. И один из них — кандидат GSSP кунгурского яруса — расположен на правом берегу реки Юрюзань у села Мечетлино (рис. 1).

Здесь следует кратко остановиться на истории изучения кунгурских отложений, в результате которых стратотип кунгура из Пермского края был перенесен в Салаватский район Башкортостана.

Кунгурский ярус был установлен в 1890 г. профессором Казанского университета А.А. Штукенбергом на реке Сылва в Кунгурском уезде Пермской губернии. В связи с появлением концепции GSSP в 90-е годы прошлого века (1995–2006 гг.) началась новейшая история изучения стратотипических разрезов кунгурского яруса перми. Данные исследования показали, что разрезы кунгура по р. Сылва в Пермском крае не подходят на роль кандидатов GSSP. В первую очередь потому, что здесь не удалось собрать представительную коллекцию конодонтов, и попытки разработать зональную конодонтовую шкалу для пограничного артинско-кунгурского интервала оказались безуспешными. Тогда результаты исследований, проводимых с 2004 г., позволили Б.И. Чувашову и В.В. Черных (рис. 2) предложить в качестве эталона нижней границы кунгурского яруса разрез Мечетлино, расположенный на правом берегу Юрюзани [Чувашов, Черных, 2000, 2011; Чувашов и др., 2002; Chernykh et al., 2012].

С 2015 г. в работу включился большой коллектив геологов из разных городов России (Казань, Санкт-Петербург, Москва, Якутск) [Kotlyar et al., 2016], исследования были поддержаны Министерством природопользования и экологии Республики Башкортостан, руководством Салаватского района (М.Ф. Кашапов) и большим коллективом санатория «Янган-Тау» под руководством директора А.Р. Акбашева (рис. 3).

В результате разрез был детально опробован на различные виды исследования (палеонтологические, литологические, геохимические, палеомагнитные), расчищен и промаркирован (рис. 4). Мы полагаем, что окончательные результаты этой коллективной работы должны убедить членов Международной стратиграфической комиссии по Пермской системе в готовности разреза Мечетлино претендовать на роль «золотого гвоздя» нижней границы кунгурского яруса МСШ.

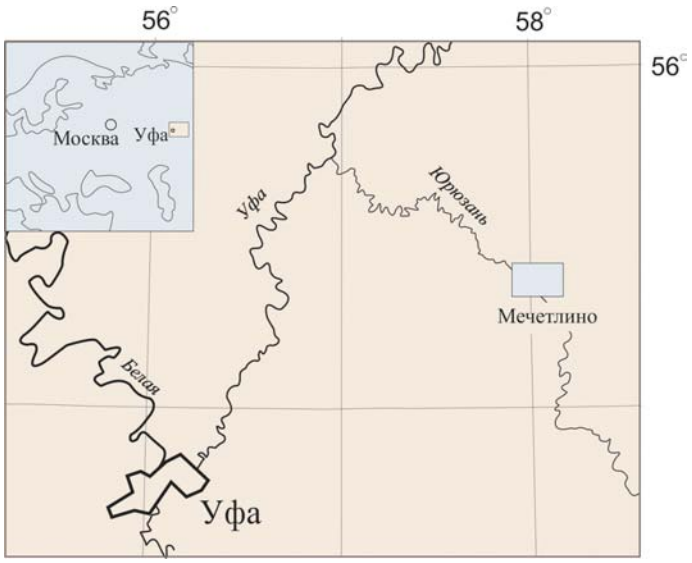


Рис. 1. Разрез Мечетлино

а — местоположение; б — общий вид с воздуха (фото с сайта http://www.yantau.ru/geopark-yangan-tau/fotobank-geoparka-yangan-tau.php)

Fig. 1. Mechetlino section

a — location; b — general arial view (photo from the site http://www.yantau.ru/geopark-yangan-tau/fotobank-geoparka-yangan-tau.php)

Рис. 2. В экспедиции на разрезы-кандидаты GSSP (Республика Башкортостан), 2015 г.
Слева направо: Б.И. Чувашов и В.В. Черных (Екатеринбург), Е.И. Кулагина и С.М. Кулагин (Уфа), Р.Х. Сунгатуллин (Казань)

Fig. 2. In the expedition to the sections of GSSP candidate (Republic of Bashkortostan), 2015.
Left to right: B.I. Chuvashov and V.V. Chernykh (Ekaterinburg), E.I. Kulagina and S.M. Kulagin (Ufa), R.Kh. Sungatullin (Kazan)

Объекты и методы исследования

В разрезе Мечетлино обнажаются пограничные артинско-кунгурские терригенно-карбонатные отложения мощностью около 14 м [Kotlyar et al., 2016].

Пограничные артинско-кунгурские отложения разреза Мечетлино содержат разнообразные ископаемые остатки конодонтов, аммоноидей, фораминифер, брахиопод, рыб, трилобитов, растений. Так как виды-индикаторы границ ярусов нижней перми выбирают среди конодонтов, то конодонтовые образцы отбирались более детально. Из-за редкой встречаемости конодонтов в разрезе Мечетлино вес проб был увеличен до 10–20 кг [Чувашов, Черных, 2011]. Конодонты из породы извлекались с использованием стандартной методики обработки образцов в 10% уксусной кислоте [Иванов, 1987]. Совместно с конодонтами в порошке встречены многочисленные зубы и чешуя рыб.

Кроме конодонтов и рыб в разрезе Мечетлино обнаружены и изучены следующие окаменелости: аммоноидеи, брахиоподы, мелкие фораминиферы, фузулиниды. Изучение фузулинид проводилось в ориентированных шлифах, мелкие фораминиферы исследовались как в ориентированных, так и неориентированных петрографических шлифах (всего 240 шлифов). Впервые в верхней части артинского яруса разреза (слой 5) обнаружен отпечаток фрагмента пигидия трилобита. В верхней части артинского яруса встречаются внутренние слепки стволов каламитов, в аргиллитах кунгурского яруса в большом количестве присутствуют многочисленные растительные остатки. Ниже приведено описание разреза со списками обнаруженных окаменелостей (рис. 5).

Описание разреза

Артинский ярус

1. Аргиллит темно-серый, слабо известковый. Видимая мощность ..... 0,2 м

2. Известняк органогенно-детритовый крупнозернистый с прослоями аргиллитов и песчаников. Окаменелости представлены **конодонтами** *Sweetognathus somniculosus* Chernykh, **аммоноидеями** *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky), *U. complanatum* (Voinova), *U.* spp., *Paragastrioceras karpinskii* (Fredericks), *P. verneuili* Ruzhencev, *Neopronorites permicus* (Tchernow) (рис. 6), **фораминиферами** *Bradyina* ex gr. *majoraeformis* Zolotova, *Cornuspira* sp., *Deckerella elegans kamaica* Bar., *Endothyranella tersa* Igonin, *Endothyranella* sp., *Geinitzina angusta* Cherdynzev, *G. gigantea* K. M.-Maclay, *G. postcarbonica*

Рис. 3. Полевые работы на разрезе Мечетлино (2015 г.)

Верхнее фото — слева направо: Г.А. Мизенс (Екатеринбург), Т.В. Филимонова (Москва), Даут (Янган-Тау), В.В. Черных (Екатеринбург), Г.М. Сунгатуллина, А.Р. Сунгатуллин и Р.Х. Сунгатуллин (Казань); *нижнее фото — слева направо:* Р.В. Кутыгин (Якутск), В.И. Давыдов (Бойсе, США), А.Р. Акбашев (Янган-Тау), Г.М. Сунгатуллина (Казань), М.Ф. Кашапов (Салаватский район), Р.Х. Сунгатуллин (Казань)

Fig. 3. Field work on the Mechetlino section (2015)

Top photo — from left to right: G.A. Misens (Ekaterinburg), T.V. Filimonova (Moscow), Daut (Yangan-Tau), V.V. Chernykh (Ekaterinburg), G.M. Sungatullina, A.R. Sungatullin and R.Kh. Sungatullin (Kazan); *bottom photo — from left to right:* R.V. Kutygin (Yakutsk), V.I. Davydov (Boise, USA), A.R. Akbashev (Yangan-Tau), G.M. Sungatullina (Kazan), M.F. Kashapov (Salavat District), R.Kh. Sungatullin (Kazan)

Рис. 4. Граница артинского (слой 11) и кунгурского (слой 12) ярусов в разрезе Мечетлино

Fig. 4. The boundary of the Artinskian (bed 11) and the Kungurian (bed 12) Stages in the Mechetlino section

Spandel, *Globivalvulina retroseptata* Vachard, Krainer and Lucas, *Gl. praegraeca* Vachard, Krainer and Lucas, *Gl. sossipatrovae* Baryshnikov, *Hemigordiellina elegans* (Lipina), *H. simplex* (Harlton), *Hemigordius longus* Grozdilova, *Hem. ovatus* Grozdilova, *Hem. permicus* Grozdilova, *Hem.* aff. *saranensis* Baryshnikov, *Howchinella inflata* (Gerke), *H. porrecta* Filimonova, *H. sossipatrovae* Bar. et Kosch., *Langella* sp., *Nodosinelloides netchajewi* (Tcherdynzev), *N. netchajewi rasik* (Baryshnikov), *N.* cf. *cubanicus elongatus* Filimonova, *N. pseudoincelebrata* (Sossip.), ?*Pachyphloia* ex gr. *linae* (K. M.-Maclay), *Parafusulina* sp., *Parastaffeloides* sp., *Protonodosaria proceraformis* (Gerke), *Pseudoagathammina dublicata* (Lipina), *Ps. regularis* (Lipina), *Ps. pseudoseptata* (Lipina), *Pseudofusulinella* sp., *Pseudoglomospira ishimbaica* (Lipina), *Pseudoglomospira multiplanata* (Zolotova et Igonin), *Tolypammina tchikalensis solida* Raus. ..... 0,6 м

3. Аргиллит темно-серый тонкослоистый с прослоями известняков, в которых встречаются **аммоноидеи** *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky), *U.* spp., *Paragastrioceras karpinskii* (Fredericks), **фораминиферы** *Amphorateca* sp., *Bradyina* ex gr. *majoraeformis* Zolotova, *Deckerella elegans kamaica* Bar., *Geinitzina postcarbonica* Spandel, *Globivalvulina bulloides minima* Zolotova, *G.* sp., ?*Pachyphloia* sp., *Parafusulina* cf. *cara* Grozd., *P. paraconcavatus* Raus., *P. pseudoparaconcavatus* Raus., *P. consobrina* Raus., *Pseudofusulina exiqua* Raus., *Ps. lepida* Raus., *Ps. nucula* Tchuv., *Ps. ovata* Raus., *Ps. urasbajevi speciosa* Raus., *Ps. seleukensis* Raus., *Ps. urasbajevi* Raus., *Ps.* aff. *venusta* Konovalova, *Tetrataxis secunda* Igonin, *Uralofusulinella arkaulensis* Tschuv., **брахиоподы** отрядов Productida, Terebratulida, Rhynchonellida, криноидеи. В верхней части слоя в аргиллитах обнаружены карбонатные конкреции с аммоноидеями, брахиоподами, криноидеями, мшанками ..... 1,9 м

4. Аргиллит темно-серый тонкослоистый — неравномерное переслаивание светлых (карбонатных) и темных (глинистых) слойков. В верхней части слоя присутствует линза грубозернистого органогенно-детритового известняка с **фораминиферами** *Bradyina* ex gr. *majoraeformis* Zolotova, *Deckerella elegans kamaica* Bar., *Endothyranella tersa* Igonin, *Globivalvulina praegraeca* Vachard, Krainer and Lucas, *Hemigordius longus* Grozdilova, *Howchinella porrecta* Filimonova, *H. sossipatrovae* (Bar. et Kosch.), *Nodosinelloides* ex gr. *krotovi* (Tscherdynzev), *N. russkayenis* Karavaeva et Nestell, *Parafusulina* cf. *cara* Grozd., *Protonodosaria praecursor* (Raus.), *Pseudofusulina urdalensiformis* Kir., *Trepeilopsis australiensis* Cresp., *Uralofusulinella arkaulensis* (Tschuv.). На этом уровне в глинистой породе встречаются скопления **аммоноидей** *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky), *U.* spp., *Paragastrioceras karpinskii* (Fredericks), *P. verneuili* Ruzhencev, **брахиопод** отрядов Terebratulida, Rhynchonellida, Productida, мшанок, криноидей ..... 1,0 м

5. Известняк серый, песчанистый, мелкозернистый, массивный. В верхней части залегают темно-серые тонкослоистые аргиллиты. Органические остатки представлены **аммоноидеями** *Neopronorites permicus* (Tchernow), *Paragastrioceras karpinskii* (Fredericks), *P. verneuili* Ruzhencev, *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky), *U.* cf. *bogoslovskayae* Voronov, *U. complanatum* Voinova, *U.* spp., **фораминиферами** *Deckerella elegans kamaica* Bar., *Endothyranella tersa* Igonin, *Geinitzina postcarbonica* Spandel, *Globivalvulina apiciformis* Zolotova, *Gl. bulloides minima* Zolotova, *Gl. retroseptata* Vachard, Krainer and Lucas, *Hemigordiellina elegans* (Lipina), *Hemigordius permicus* Grozdilova, *Hem. ovatus* Grozdilova, *Hem. saranensis* Baryshnikov, *Hem. cornuspiroides* Sossipatrova, *Howchinella porrecta* Filimonova, *H. sossipatrovae* (Bar. et Kosch.), *Lateenoglobivalvulina spiralis* (Morozova), *Midiella ovata* sensu Blazejovski, *Nodosinelloides netchajewi* (Tscherdynzev), *Pseudofusulina seleukensis* Raus., *Pseudoglomospira pseudopusilla* Baryshnikov, *Pseudogl. multiplanata* (Zolotova et Igonin), *Pseudogl. vulgaris* (Lipina), *Pseudoagathammina regularis* (Lipina), *Uralofusulinella arkaulensis* Tschuv., **трилобитом** *Kaskia gruenewaldti* (Möller), **рыбами** *Permopetalodus* sp., брахиоподами, мшанками ..... 2,6 м

6. Известняк коричневато-серый, мелкозернистый, биокластический. Окаменелости представлены **конодонтами** *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken, *N. ruzhencevi* Kozur, **аммоноидеями** *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky) (см. рис. 6), *U.* cf. *bogoslovskayae* Voronov, *U.* spp., *Clausiuraloceras tchuvaschovi* (Bogoslovskaya), *Paragastrioceras* sp., **фораминиферами** *Ammovertella* sp., *Bradyina* ex gr. *majoraeformis* Zolotova, *Cornuspira* sp., *Deckerella elegans kamaica* Bar., *Endothyranella tersa* Igonin, *Globivalvulina praegraeca* Vachard, Krainer and Lucas, *Gl. sossipatrovae* Baryshnikov, *Gl. kungurensis* Igonin,

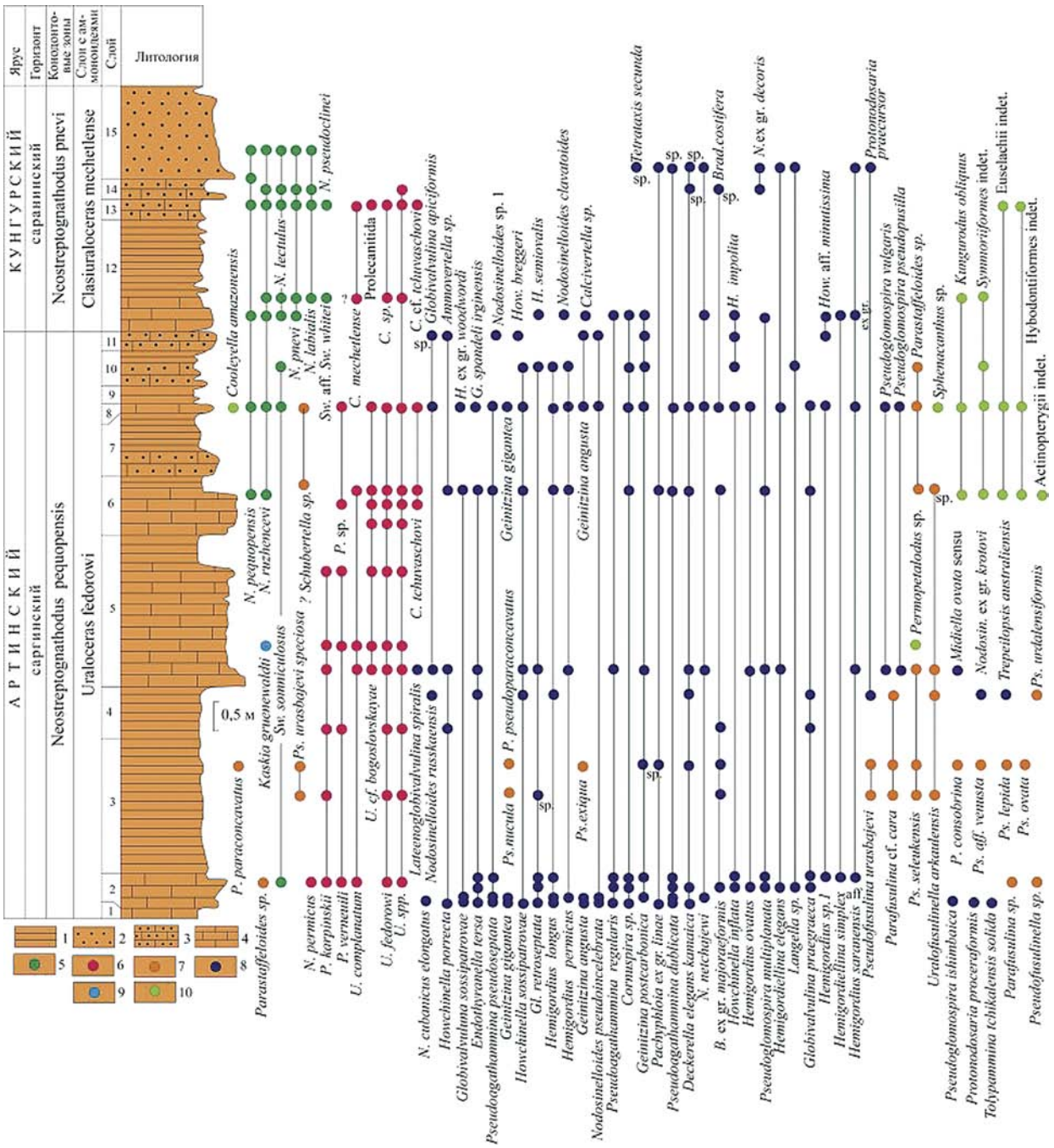


Рис. 5. Стратиграфическое распространение органических остатков в разрезе Мечетлино

Условные обозначения: 1 — аргиллит, 2 — песчаник, 3 — известковистый песчаник, 4 — известняк, 5 — конодонты, 6 — аммоноидеи, 7 — фузулиниды, 8 — мелкие фораминиферы, 9 — трилобиты, 10 — рыбы.

Fig. 5. Stratigraphic distribution of the fossils in the Mechetlino section

Legend: 1 — argillite, 2 — sandstone, 3 — calcareous sandstone, 4 — limestone, 5 — conodonts, 6 — ammonoids, 7 — fusulinides, 8 — small foraminifers, 9 — trilobites, 10 — fishes.

Рис. 6. Аммоноидеи *Uraloceras fedorowi* (Karp.) (разрез Мечетлино)
Fig. 6. Ammonoids *Uraloceras fedorowi* (Karp.) (Mechetlino section)

Hemigordius longus Grozdilova, *Hem. permicus* Grozdilova, *Howchinella sossipatrovae* (Bar. et Kosch)., ?*Pachyphloia* ex gr. *linae* (K. M.-Maclay), *Pseudoagathammina dublicata* (Lipina), *Ps. pseudoseptata* (Lipina), *Pseudoglomospira multiplanata* (Zolotova et Igonin), *Parastaffeloides* sp., ?*Schubertella* sp., *Uralofusulinella* sp., **рыбами** *Kungurodus obliquus* (Ivanov), Hybodontiformes indet., Euselachii indet., Symmoriiformes indet, Actinopterygii indet и мелкими (2 мм) члениками криноидей. Встречаются ядра внутренних полостей стволов каламитов ..... 1 м

7. В основании слоя залегает песчаник известковый тонкозернистый, тонкослоистый. Выше разрез сложен аргиллитом карбонатным серым, переходящим в мергель. Присутствуют небольшие обугленные фрагменты растительных остатков ..... 1,1 м

8. Известняк биокластический, темно-коричневый, серый, тонкослоистый (в нижней части 5 см, в верхней до 10 см) с нерегулярными плоскостями наслоения с 3–5-миллиметровыми прослойками темно-серого аргиллита. **Конодонты**: *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken, *N. ruzhencevi* Kozur, *Sweetognathus somniculosus* Chernykh; **аммоноидеи**: *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky), *U.* cf. *bogoslovskayae* Voronov, *U.* spp., *Clausiuraloceras tchuvaschovi* (Bogoslovskaya), *Paragastrioceras* sp., **фораминиферы** *Bradyina costifera* Baryshnikov, *Cornuspira* sp., *Deckerella elegans kamaica* Bar., *Geinitzina gigantea* K. M.-Maclay, *G. postcarbonica* Spandel, *G. spandeli irginensis* Baryshnikov, *Globivalvulina praegraeca* Vachard, Krainer and Lucas, *Gl. kungurensis* Igonin, *Gl. apiciformis* Zolotova, *Hemigordiellina elegans* (Lipina), *Hemigordius longus* Grozdilova, *Hem. permicus* Grozdilova, *Hem. ovatus* Grozdilova, *Hem. saranensis* Baryshnikov, *Hem.* sp. 1, *Howchinella inflata* (Gerke), *H. sossipatrovae* (Bar. et Kosch.), *H.* ex gr. *woodwordi* (Howchin), *Nodosinelloides netchajewi* (Tcherdynzev), *N. pseudoincelebrata* (Sossip.), *Parastaffeloides* sp., *Pseudoglomospira pseudopusilla* Baryshnikov, *Pseudogl. vulgaris* (Lipina), *Pseudoagathammina dublicata* (Lipina), *Ps. regularis* (Lipina), *Ps. pseudoseptata* (Lipina), ?*Schubertella* sp., *Trepeilopsis australiensis* Cresp., **рыбы** *Kungurodus obliquus* (Ivanov), *Cooleyella amazonensis* Duffin, Richter et Neis, *Sphenacanthus* sp., Hybodontiformes indet., Symmoriiformes indet., Euselachii indet ..... 0,15 м

9. Аргиллит темно-серый, тонкослоистый, с тонким (2–5 мм) прослоем желтого туфа. В верхней части слоя аргиллит переходит в мергель 10–12 см. Органические остатки представлены обугленным растительным детритом (1–2 мм) ..... 0,3 м

10. Песчаник известковый, желтовато-серый, мелкозернистый. В верхней части слоя залегает аргиллит темно-серый, тонкий, с большим количеством растительного детрита. Органические остатки представлены **конодонтами** *Sweetognathus somniculosus* Chernykh, **фораминиферами** *Cornuspira* sp., *Geinitzina postcarbonica* Spandel, *Globivalvulina retroseptata* Vachard, Krainer and Lucas, *Gl. bulloides minima* Zolotova, *Hemigordius longus* Grozdilova, *Hem. permicus* Grozdilova, *Howchinella* cf. *sossipatrovae* (Bar. et Kosch.), *H. impolita* (Crespin), ?*Langella* sp., *Parastaffeloides* sp. и **рыбами** Symmoriiformes indet, Euselachii indet ..... 0,6 м

11. Песчаник известковый, серый, мелкозернистый, массивный с растительным детритом. **Фораминиферы**: *Geinitzina angusta* Tscherdynzev, *G. postcarbonica* Spandel, *Howchinella impolita* (Crespin), *H. breggeri* (Sossipatrova), *H.* aff. *minutissima* (Paalzow), *Nodosinelloides pseudoincelebrata* (Sossip.), *N.* sp. 1, *Protonodosaria praecursor* (Raus.) ..... 0,35 м

Кунгурский ярус

12. В нижней части слоя (0,6 м) — известняк песчанистый, серый и зеленовато-серый, мелкозернистый до илистого, массивный. **Конодонты**: *Neostreptognathodus lectulus* Chernykh, *N. pequopensis* Behnken, *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch, *N. ruzhencevi* Kozur. **Аммоноидеи**: *C.* sp. (?*Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin). **Фораминиферы**: *Ammovertella* sp., *Calcivertella* sp., *Cornuspira* sp., *Geinitzina postcarbonica* Spandel, *Globivalvulina apiciformis* Zolotova, *Hemigordiellina simplex* (Harlton), *Hemigordius* ex gr. *saranensis* Baryshnikov, *Howchinella impolita* (Crespin), *H. semiovalis* (Zolotova et Sossipatrova), *H.* aff. *minutissima* (Paalzow), *Nodosinelloides netchajewi* (Tscherdynzev), *N. clavatoides* (Raus. et Scherb.), *Protonodosaria praecursor* (Raus.), *Pseudoglomospira multiplanata* (Zolotova et Igonin), *Pseudogl. parapusilliformis* (Baryshnikov), *Pseudoagathammina regularis* (Lipina). **Рыбы** *Kungurodus obliquus* (Ivanov). В верхней части слоя — серый известковистый аргиллит ..... 1,9 м

13. Песчаник известковистый, серый, среднезернистый до крупнозернистого с большим количеством крупного растительного детрита. **Конодонты**: *Neostreptognathodus labialis* Chernykh, *N. lectulus* Chernykh, *N. pequopensis* Behnken, *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch, *N. pseudoclinei* Kozur et Movshovitsch, *N. ruzhencevi* Kozur ..... 0,35 м

14. Известняк песчанистый, среднезернистый, тонкослоистый. **Конодонты**: *Neostreptognathodus labialis* Chernykh, *N. lectulus* Chernykh, *N. pequopensis* Behnken, *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch, *N. ruzhencevi* Kozur. **Аммоноидеи**: *Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin, *C.* cf. *tchuvaschovi* (Bogoslovskaya), *C.* sp., *Uraloceras* sp., *Prolecanitida* gen. et sp. ind. **Фораминиферы** *Bradyina* sp., *Climacammina* sp., *Deckerella* sp., *Nodosinelloides netchajewi rasik* (Baryshnikov), *N.* ex gr. *decoris* (Crespin) ..... 0,35 м

15. Песчаник коричнево-серый, крупнозернистый, массивный, с многочисленными крупными растительными остатками. **Конодонты**: *Neostreptognathodus labialis* Chernykh, *N. lectulus* Chernykh, *N. pequopensis* Behnken, *N. pnevi* Kozur et Movshovitsch, *N. ruzhencevi* Kozur. **Фораминиферы**: *Climacammina* sp., *Deckerella* sp., *Hemigordiellina elegans* (Lipina), *Hemigordius saranensis* Baryshnikov, ?*Langella* sp., *Nodosinelloides netchajewi rasik* (Baryshnikov), *N. netchajewi* (Tscherdynzev), *N.* ex gr. *decoris* (Crespin), ? *Pachyphloia* sp., *Protonodosaria praecursor* (Raus.), *Pseudoglomospira pseudopusilla* Baryshnikov, *Pseudoagathammina* sp., *Tetrataxis secunda* Igonin ..... 1,6 м

Результаты

Конодонты. Систематическое разнообразие конодонтов (зубовидные остатки животных, внешне похожих на угрей (рис. 7А)) в пограничном верхнеартинско-кунгурском интервале разреза Мечетлино невелико: все конодонты распределены в основном между двумя родами — *Sweetognathus* и *Neostreptognathodus*. Вместе с тем морфологическое разнообразие относящихся к ним видов (морфотипов) довольно значительно.

Саргинский горизонт артинского яруса хорошо опознается по появлению конодонтов вида *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken (см. рис. 5, 8). Этот вид в начале кунгурского века, теряя каринальные зубцы на передних частях парапетов, переходит в *Neostreptognathodus pnevi* Kozur

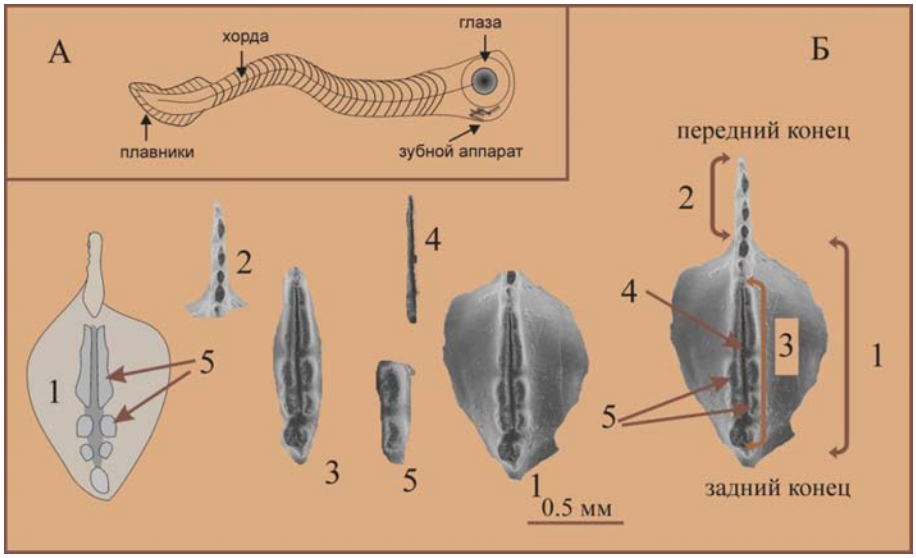


Рис. 7. А — Схематичное изображение конодонтового животного, Б — Морфологические элементы конодонтов: 1 — платформа, 2 — свободный лист, 3 — карина, 4 — срединный желоб, 5 — каринальные зубцы

Fig. 7. A — Schematic representation of the conodont animal, B — Morphological elements of the conodonts: 1 — platform, 2 — free blade, 3 — carina, 4 — median groove, 5 — carinal teeth

et Movschovitsch (рис. 8). Сохраняющиеся в кунгуре *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken заметно отличаются от их артинских представителей бóльшим количеством пар каринальных бугорков: у артинских форм их не более пяти, у кунгурских — семь и более.

Вместе с видом *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken в верхней части артинского яруса разреза Мечетлино появляются представители вида *N. ruzhencevi* Kozur, которые в кунгурском веке в результате редукции каринальных зубцов-ребер на передних частях парапетов переходят в вид *N. lectulus* Chernykh. (рис. 9). Однако часть представителей вида *Neostreptognathodus ruzhencevi* Kozur продолжает существовать и в кунгуре, почти не изменяя своего строения.

Наиболее значительные метаморфозы претерпевают представители рода *Sweetognathus*. В артинском веке (саргинское время) появляются формы, внешне не отличимые по общей морфологии платформы от представителей рода *Diplognathodus*, но с ярко выраженной пустулизацией гребнеобразной платформы. Иногда платформа уплощается, иногда слабо дифференцируется на заднем конце с появлением типичного для свитогнатодид нодулярного строения (рис. 10). Эти формы были отнесены к виду *Sweetognathus somniculosus* Chern. В дальнейшем уже в раннекунгурское время у *Sweetognathus* закладываются две филетические линии. Конодонты первой из них сохраняют и усиливают свитогнатусовый облик, но дифференциация гребнеобразной карины на отдельные бугорки не идет далее ее задней половины (рис. 10). Такие формы найдены пока в небольшом количестве, что заставляет до времени называть их в открытой номенклатуре *Sweetognathus* nov. sp. 1 (рис. 10).

Другая филетическая линия включает формы, у которых в кунгурском веке в середине гребнеобразной карины закладывается тонкий желоб и параллельно происходит дальнейшая дифференциация карины на ряд противопоставленных бугорков. Иначе говоря, свитогнатусы превращаются в неострептогнатодусов, выделенных в самостоятельный вид *Neostreptognathodus labialis* Chern. Имеющийся материал по Мечетлинскому разрезу позволяет довольно подробно проиллюстрировать процесс этого превращения свитогнатусов вида *Sweetognathus somniculosus* Chern. в *Neostreptognathodus labialis* Chern. (рис. 11).

Таким образом, возвращаясь к распределению названных видов по разрезу, следует отметить приуроченность к основанию саргинского горизонта артинского яруса уровня появления первых представителей вида *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken и вида *Sweetognathus somniculosus* Chern., из которых первые продолжают встречаться и в кунгурской части разреза. Что касается вторых, то в кунгуре найдены только такие морфотипы, у которых в той

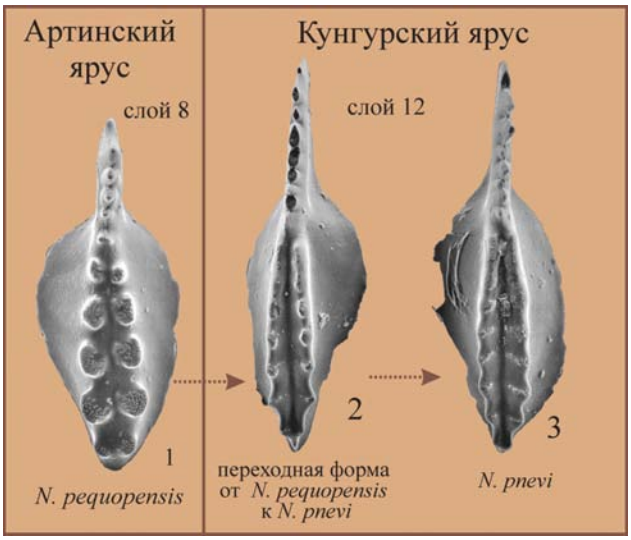


Рис. 8. Эволюционная последовательность конодонтов *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken – *N. pnevi* Kozur et Movschovitsch

Fig. 8. The evolutionary lineage of *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken – *N. pnevi* Kozur et Movschovitsch

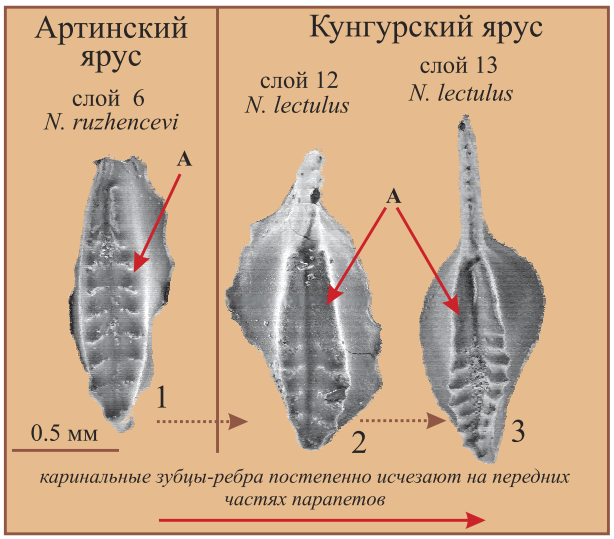


Рис. 9. Эволюционная последовательность конодонтов *Neostreptognathodus ruzhencevi* Kozur – *N. lectulus* Chernykh. А — передние части парапетов.

Fig. 9. The evolutionary lineage of *Neostreptognathodus ruzhencevi* Kozur – *N. lectulus* Chernykh. A — the front parts of the parapets

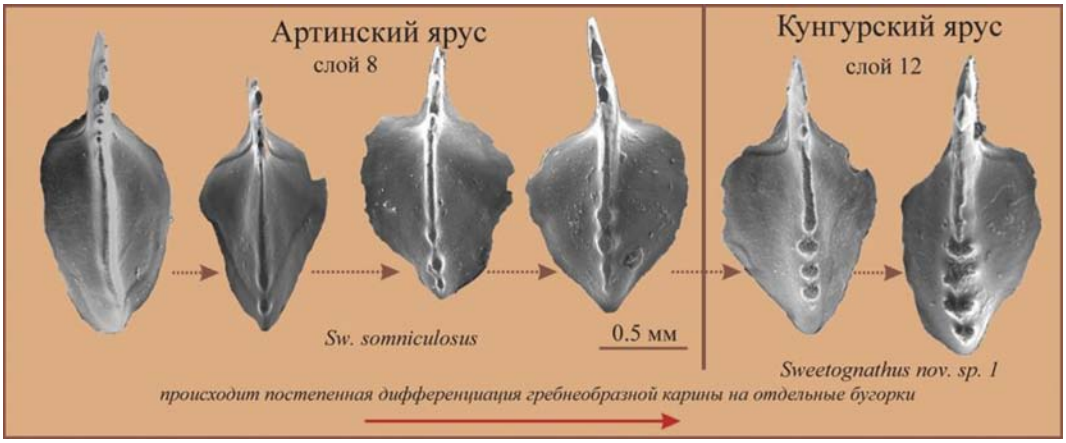


Рис. 10. Эволюционная последовательность конодонтов *Sweetognathus somniculosus* Chern. – *Sweetognathus* nov. sp. 1

Fig. 10. The evolutionary lineage of *Sweetognathus somniculosus* Chern. – *Sweetognathus* nov. sp. 1

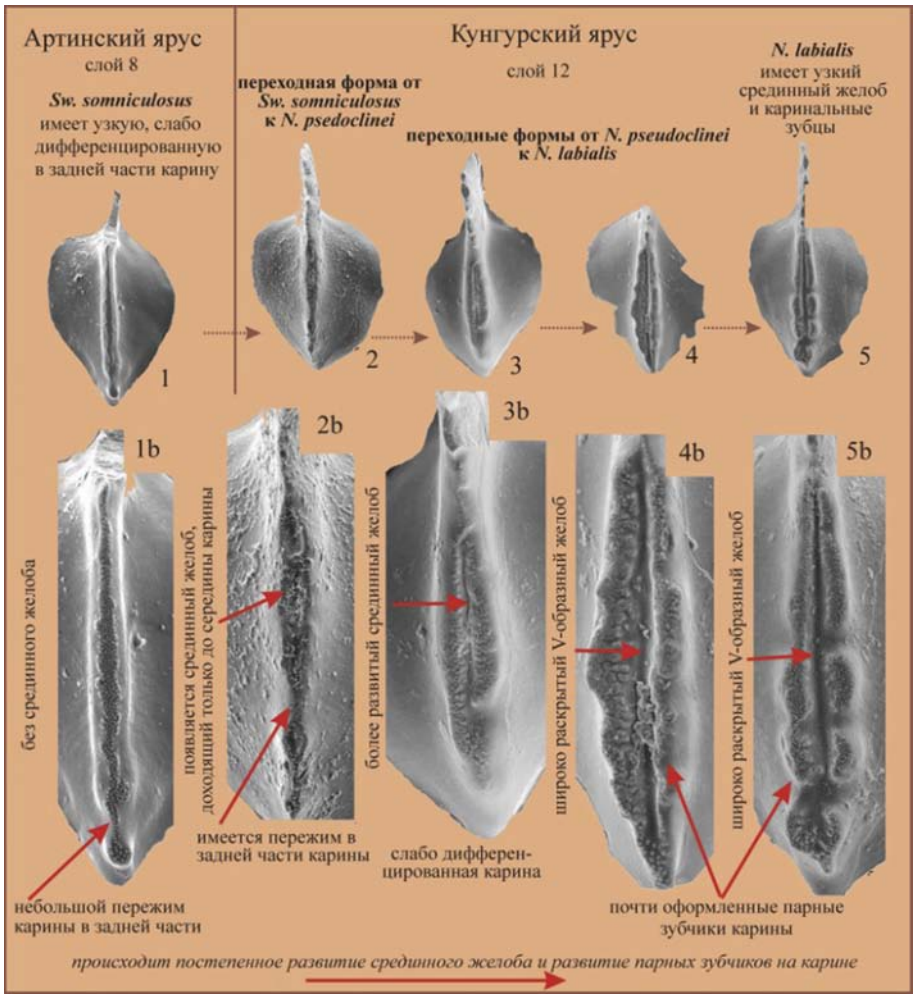


Рис. 11. Трансформация вида *Sweetognathus somniculosus* Chern. в *Neostreptognathodus labialis* на границе артинского и кунгурского ярусов

Fig. 11. Transformation of the species *Sweetognathus somniculosus* Chern. in *Neostreptognathodus labialis* on the Artinskian-Kungurian boundary

или иной степени наблюдается заложение срединного желоба, и, строго говоря, их следует относить к *Neostreptognathodus pseudoclinei* Kozur et Movschovitsch или (при явном образовании парных каринальных зубцов) — к *N. labialis* Chern. Вместе с *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken и *Sweetognathus somniculosus* Chern. на этом уровне встречаются *N. ruzhencevi* Kozur и свитогнатусы к *Sw.* aff. *whitei* (Rhodes).

В начале кунгурского века (саранинское время) появляются неострептогнатодусы, у которых редуцируются передние каринальные зубцы. Это такие виды, как *Neostreptognathodus pnevi* Kozur et Movschovitsch и *N. lectulus* Chern. С небольшим запозданием возникают *Neostreptognathodus pseudoclinei* Kozur et Movschovitsch и *N. labialis* Chern. Фактически любой из названных видов может служить индикатором кунгурского яруса. Но официально признанным стратиграфическим уровнем, принятым за нижнюю границу кунгурского яруса, является уровень появления *Neostreptognathodus pnevi* Kozur et Movschovitsch.

В кунгуре продолжают встречаться *Neostreptognathodus pequopensis* Behnken и *N. ruzhencevi* Kozur, но последний вид исчезает довольно быстро, уступив место своему филогенетическому преемнику *N. lectulus* Chern.

Аммоноидеи. Разрез Мечетлино (см. рис. 5) является одним из немногих, где наблюдается постепенная смена позднеартинских аммоноидей раннекунгурскими. В интервале слоев 1–5 (артинский ярус) наблюдается доминирование морфологически разнообразной группы *Uraloceras fedorowi*. Существенно реже встречаются виды рода *Paragastrioceras* — *P. verneuili* Ruzhencev и *P. karpinskii* (Fredericks). Приведенный комплекс является верхнеартинским и содержит как южно-, так и северо-уральские элементы. Выше по разрезу до слоя 8 продолжает доминировать группа *Uraloceras fedorowi*, включающая вид *Uraloceras* cf. *bogoslovskayae* Voronov, однако таксономический состав комплекса сокращается. При этом в слое 6 появляется новый важный элемент — вид *Clausiuraloceras tchuvaschovi* (Bogoslovskaya), который в конце артинского века отделился от *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky). При обособлении *Clausiuraloceras* от *Uraloceras* происходило сужение раковины, усиление степени инволютности и объемлемости оборотов, упрощение лопастной линии, выражающееся в спрямлении стенок боковой лопасти. При этом вид *C. tchuvaschovi* (Bogoslovskaya) сохранил многие признаки, характерные для рода *Uraloceras*.

В нижней части кунгурского яруса доминирующее значение приобретает род *Clausiuraloceras*. В основании кунгурского яруса (слой 12) найдены единичные аммоноидеи *Clausiuraloceras* sp. (?*Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin). В основании слоя 14 появляются многочисленные мелкие раковины нового вида аммоноидей *Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin (рис. 12), который имеет строго шлемовидную форму боковой лопасти и отчетливо бифуркирующие ребра-морщинки [Кутыгин, 2018]. Наиболее вероятным предком данного вида является *Clausiuraloceras tchuvaschovi* (Bogoslovskaya),

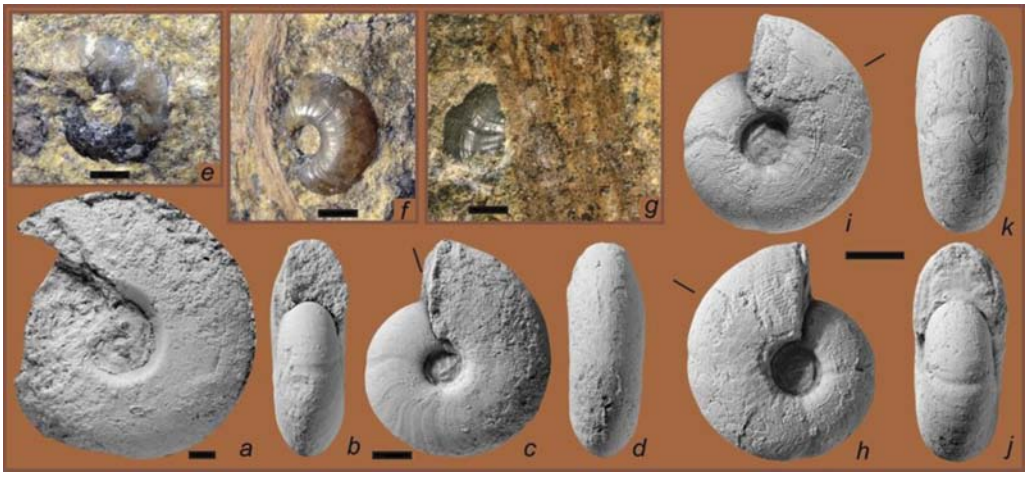


Рис. 12. Кунгурские аммоноидеи разреза Мечетлино, слой 14

a — *Uraloceras* sp. (×2), **b–g** — *Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin (×3), **h–k** — *Clausiuraloceras* sp. (×4,5)

Fig. 12. Kungurian ammonoids of the Mechetlino section, bed 14

a — *Uraloceras* sp. (×2), **b–g** — *Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin (×3), **h–k** — *Clausiuraloceras* sp. (×4.5)

при отделении от которого *C. mechetlense* Kutygin продолжил морфогенетический тренд, направленный на усиление инволютности раковины и упрощение формы лопастной линии. В дальнейшем от вида *Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin произошел вид *Clausiuraloceras sofronizkyi* (Bogoslovskaya), известный в кошелевской свите севернее г. Красноуфимска [Богословская, 1976]. При отделении от *Clausiuraloceras mechetlense* Kutygin представители *C. sofronizkyi* приобрели хорошо выраженный продольный орнамент и очень высокое медиальное седло.

Фораминиферы (рис. 13). ***Мелкие фораминиферы*** обнаружены на 17 уровнях и представлены 59 видами 22 родов. В разрезе Мечетлино выделено три комплекса мелких фораминифер.

В первом комплексе (слои 2–8) обнаружен 51 вид 21 рода мелких фораминифер. В нем преобладают по количеству представители семейств Ammodiscidae, Tolypamminidae, Pseudoammodiscidae, Calcivertellidae, Meandrospiridae и др. В слое 2 присутствуют виды, характерные для артинского яруса Приуралья, севера России, а также для тетических разрезов Памира и Турции: *Protonodosaria proceraformis* (Gerke), *Nodosinelloides* cf. *cubanicus elongatus* Filimonova и *Pachyphloia* ex gr. *linae* (K. M.-Maclay) и др. В слоях 3–4 комплекс фораминифер дополняют многочисленные *Protonodosaria praecursor* (Raus.), редкие *Nodosinelloides* ex gr. *krotovi* (Tscherdynzev), *Nodosinelloides russkaensis* Kar. et Nestell и *Trepeilopsis australiensis* Cresp. Существенное обновление комплекса фораминифер происходит в слое 5. Здесь появляются *Lateenoglobivalvulina spiralis* (Morozova), *Hemigordius saranensis* Baryshnikov, *Globivalvulina apiciformis* Zolotova, *Midiella ovata* sensu Błażejowski, *Pseudoglomospira vulgaris* (Lipina), *Pseudoglomospira pseudopusilla* (Baryshnikov), типичные для артинского яруса Шпицбергена и западного Тетиса [Blazejowski, 2009; Filimonova, 2010]. В слое 6 фораминиферы представлены редкими *Ammovertella* sp. В слое 8 найден богатый комплекс мелких фораминифер (*Nodosinelloides* ex gr. *tenuiseptata* (Lipina), *Howchinella* ex gr. *woodwordi* (Howchin), *Geinitzina spandeli irginensis* Baryshnikov и др.). Таким образом, наличие в первом комплексе многочисленных *Geinitzina* и *Hemigordius* позволяет сопоставить по фораминиферам слои 2–8 разреза Мечетлино с саргинским горизонтом Приуралья.

Второй комплекс фораминифер (слои 10–12) состоит из 21 вида 13 родов. Таксономический состав фораминифер слоя 10 обеднен, но в нем появляются мелкие фораминиферы вида *Howchinella impolita* (Crespin), типичные для кунгурского яруса Австралии [Crespin, 1958]. В слое 11 исчезают представители родов *Hemigordius*, *Pseudoglomospira*, *Hemigordiellina*, *Pseudoagathammina*. Здесь в комплексе фораминифер доминируют лагениды, среди которых появляются виды *Nodosinelloides* sp. 1 и *Howchinella* aff. *minutissima* (Paalzow). Комплекс слоя 12 дополняют виды *Howchinella semiovalis* (Zolotova et Sossipatrova), *Howchinella breggeri* (Sossipatrova), *Geinitzina indepressa* Tscherdynzev и разнообразные *Nodosinelloides* и *Geinitzina*, характерные для саранинского горизонта [Сосипатрова, 1969; Золотова, Барышников, 1980].Комплекс фораминифер слоев 10–12 может быть сопоставлен с саранинским комплексом Приуралья.

Третий комплекс (слои 14–15) состоит из 15 видов 12 родов. В третьем комплексе появляются виды с ребристыми боками раковин — *Nodosinelloides* ex gr. *decoris* (Crespin). Данный морфологический признак характерен для кунгурских видов Австралии [Crespin, 1958].

Фузулиниды хорошей сохранности, образующие разнообразные сообщества, в разрезе Мечетлино зафиксированы в отложениях артинского яруса (слои 3, 4, 5 и 6). Выше в слоях 8, 10 и 14 встречаются редко, в виде небольших единичных фрагментов, что затрудняет их видовые и родовые определения. Наиболее многочисленный и разнообразный комплекс определен в подошве слоя 3. Он включает виды *Pseudofusulina urasbajevi urasbajevi* Raus. — частая форма саргинского горизонта западного склона Урала [Раузер-Черноусова, 1949], а также *Ps. urasbajevi speciosa* Raus. и *Ps. seleukensis* Raus. Комплекс дополняет морфологически близкий этой группе вид *Pseudofusulina nucula* Tchuv., описанный также из отложений саргинского горизонта Уфимского плато [Чувашов и др., 1983], и *Ps. postsolida* Tschuv.

Рыбы в артинских отложениях разреза Мечетлино представлены видами *Cooleyella amazonensis* Duffin, Richter et Neis, *Kungurodus obliquus* (Ivanov), *Sphenacanthus* sp., *Permopetalodus* sp. (рис. 14). Вид *Kungurodus obliquus* (Ivanov) присутствует также в отложениях кунгурского яруса. Он характерен для ассельского – артинского ярусов Южного и Среднего Урала [Ivanov, 2016], для артинского яруса казахстанского Предуралья [Lebedev, 2009] и впервые был обнаружен в кунгурских отложениях разреза Мечетлино. Представители рода *Sphenacanthus* встречаются от визе до гжели Великобритании, Испании, Чехии, Германии, США (Айова), Бразилии; также характерны для артинского яруса перми

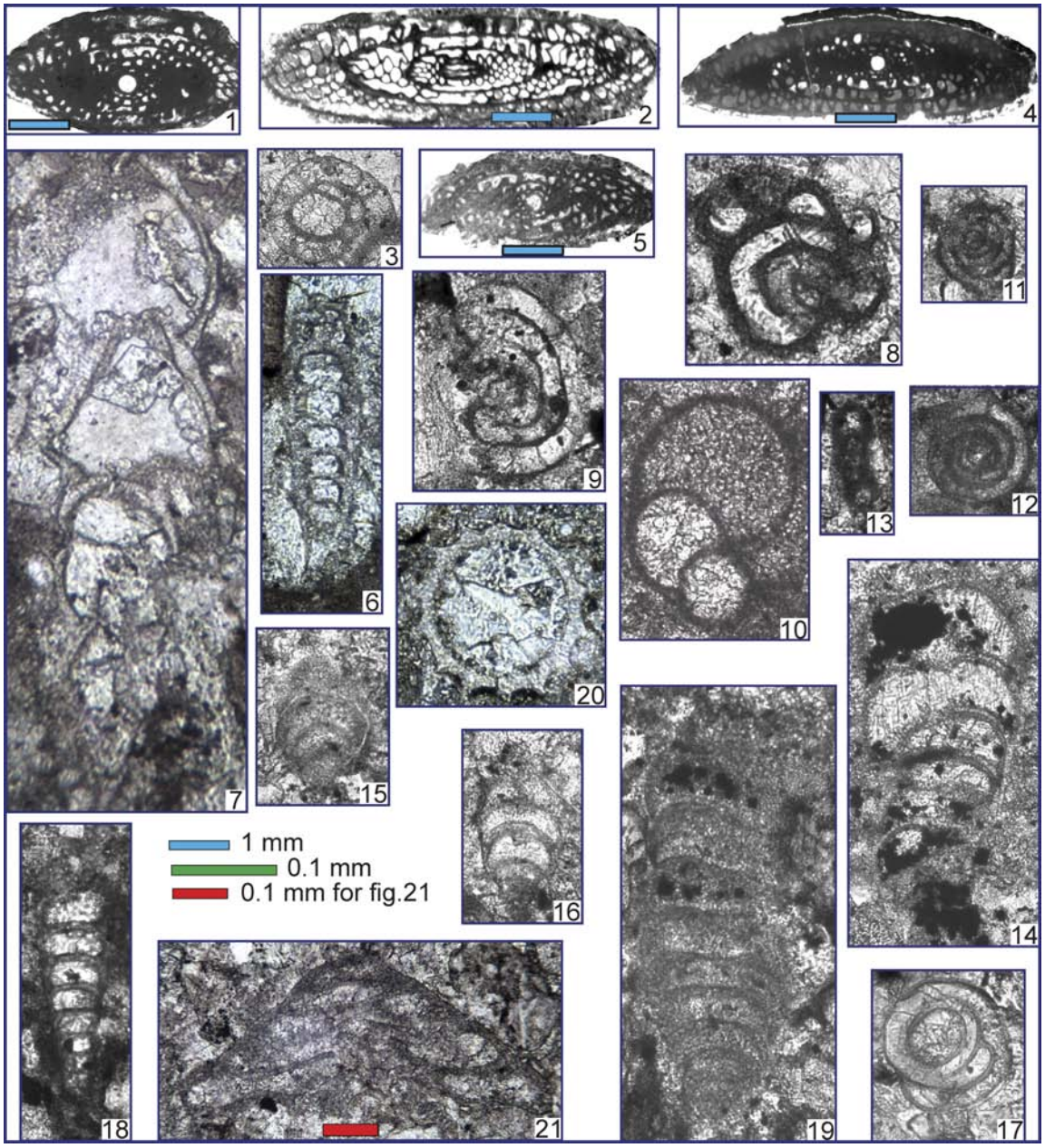


Рис. 13. Фораминиферы разреза Мечетлино

1 — *Pseudofusulina nucula* Tchuvashov, слой 3-1; **2** — ?*Parafusulina* cf. *cara* Grozdilova, слой 3-2; **3** — ?*Schubertella* sp., слой 6; **4** — *Pseudofusulina urasbajevi* Rauser, слой 3-1; **5** — *Pseudofusulina urasbajevi speciosa* Rauser, слой 3-2; **6** — ?*Pachyphloia* ex gr. *linae* (K. M.-Maclay), слой 2; **7** — *Nodosinelloides* cf. *cubanicus elongatus* Filimonova, слой 2; **8** — *Hemigordiellina simplex* (Harlton), слой 12; **9** — *Ammovertella* sp., слой 12; **10** — *Lateenoglobivalvulina spiralis* (Morozova), слой 5; **11** — *Pseudoglomospira multiplanata* (Zolotova et Igonin), слой 12; **12, 13** — *Cornuspira* sp., слой 12; **14** — *Howchinella* aff. *minutissima* (Paalzow), слой 11; **15** — *Howchinella impolita* (Crespin), слой 12; **16** — *Howchinella semiovalis* (Zolotova et Sossipatrova), слой 12; **17** — *Pseudoglomospira parapusilliformis* (Baryshnikov), слой 12; **18** — *Protonodosaria praecursor* (Raus.), слой 12; **19** — *Geinitzina angusta* Tscherdynzev, слой 11; **20** — *Nodosinelloides* ex gr. *decoris* (Crespin), слой 14; **21** — *Tetrataxis secunda* Igonin, слой 15

Fig. 13. Foraminifers of the Mechetlino section

1 — *Pseudofusulina nucula* Tchuvashov, bed 3-1; **2** — ?*Parafusulina* cf. *cara* Grozdilova, bed 3-2; **3** — ?*Schubertella* sp., bed 6; **4** — *Pseudofusulina urasbajevi* Rauser, bed 3-1; **5** — *Pseudofusulina urasbajevi speciosa* Rauser, bed 3-2; **6** — ?*Pachyphloia* ex gr. *linae* (K. M.-Maclay), bed 2; **7** — *Nodosinelloides* cf. *cubanicus elongatus* Filimonova, bed 2; **8** — *Hemigordiellina simplex* (Harlton), bed 12; **9** — *Ammovertella* sp., bed 12; **10** — *Lateenoglobivalvulina spiralis* (Morozova), bed 5; **11** — *Pseudoglomospira multiplanata* (Zolotova et Igonin), bed 12; **12, 13** — *Cornuspira* sp., bed 12; **14** — *Howchinella* aff. *minutissima* (Paalzow), bed 11; **15** — *Howchinella impolita* (Crespin), bed 12; **16** — *Howchinella semiovalis* (Zolotova et Sossipatrova), bed 12; **17** — *Pseudoglomospira parapusilliformis* (Baryshnikov), bed 12; **18** — *Protonodosaria praecursor* (Rauser), bed 12; **19** — *Geinitzina angusta* Tscherdynzev, bed 11; **20** — *Nodosinelloides* ex gr. *decoris* (Crespin), bed 14; **21** — *Tetrataxis secunda* Igonin, bed 15

Рис. 14 . Рыбы *Permopetalodus* sp. (слой 5, разрез Мечетлино)
Fig. 14. Fish *Permopetalodus* sp. (bed 5, Mechetlino section)

Бразилии; казанского яруса Европейской части России, кэптена Техаса, США [Ivanov, 2016]. Вид *Cooleyella amazonensis* Duffin, Richter et Neis известен из московского яруса Бразилии; верхнего Пенсильвания Нью-Мексико, США; казанского яруса перми Восточно-Европейской платформы; роудского яруса Техаса, США [Ivanov, 2016]. *Permopetalodus frederixi* Kozlov был описан из артинских отложений нижней перми Среднего Урала [Козлов, 2000].

Трилобиты. В верхней части артинского яруса разреза Мечетлино (слой 5) был обнаружен отпечаток фрагмента пигидия трилобита. Это первая задокументированная находка трилобита из этого местонахождения. Описываемый фрагмент пигидия имеет 6 мм в ширину и 4,5 мм в длину и представлен отпечатком рахиса и одной боковой лопасти (рис. 15). Такие признаки, как широкая краевая кайма, 11 колец рахиса и 7 плевральных ребер, позволяют определить данную форму как *Kaskia gruenewaldti* (Möller). Этот вид трилобитов является наиболее типичным и частым для сакмарского и артинского ярусов южного и среднего Урала и встречается во многих местонахождениях этого возраста и региона [Вебер, 1937; Меллер, 1868].

Брахиоподы в разрезе Мечетлино в большом количестве присутствуют в аргиллитах артинского яруса (слои 3–4); комплекс включает представителей отрядов Productida, Terebratulida и Rhynchonellida (рис. 16).

Кроме вышеописанных окаменелостей в отложениях артинского яруса разреза Мечетлино встречаются внутренние ядра стеблей каламитов (слой 6) (рис. 17), в кунгурском ярусе присутствуют прослои аргиллитов с многочисленными растительными остатками (рис. 18). В артинских карбонатах найдены криноидеи, остракоды, мшанки.

Отложения артинского и кунгурского ярусов разреза Мечетлино содержат богатый комплекс разнообразных окаменелостей, который позволяет не только проводить детальное расчленение и глобальную корреляцию разреза, но и проследить историю развития данной территории на рубеже артинского и кунгурского веков. Увидеть, как глубоководная морская обстановка конца артинского века пермского периода постепенно сменяется более мелководными условиями начала кунгурского века.

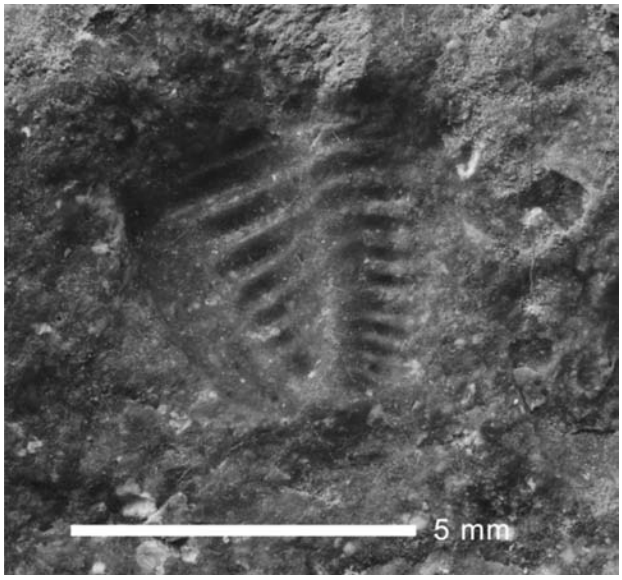


Рис. 15. Трилобит *Kaskia gruenewaldti* (Möller), слой 5
Fig. 15. Trilobite *Kaskia gruenewaldti* (Möller), bed 5

Рис. 16. Брюшная створка брахиоподы отряда Productida, слой 4

Fig. 16. Ventral valve of the Brachiopoda (Productida), bed 4

Рис. 17. Стебли каламитов: а) отпечаток; б) внутреннее ядро

Fig. 17. Calamites: a) imprint; b) the inner core

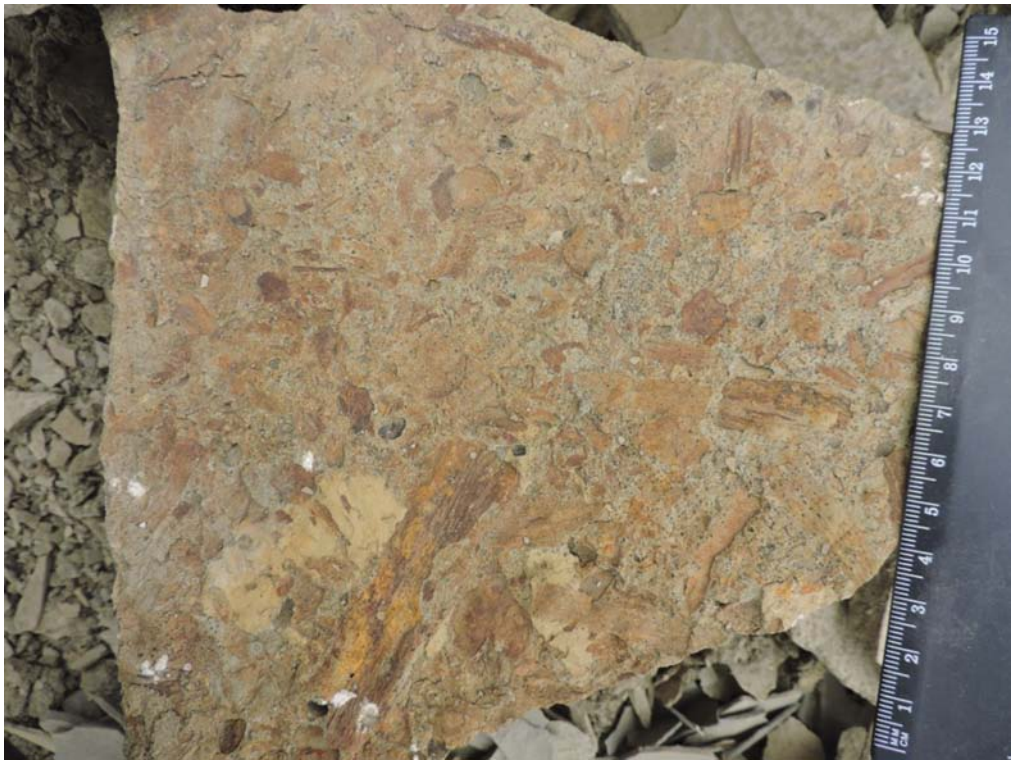


Рис. 18. Растительные остатки в отложениях кунгурского яруса разреза Мечетлино
Fig. 18. Plants remains in the sediments of the Kungurian stage of the Mechetlino section

Выводы

Результаты изучения конодонтов по разрезу Мечетлино позволяют получить полное представление о составе и характере смены конодонтовых сообществ в пограничных артинско-кунгурских отложениях, выявить морфологические тренды в развитии конодонтов родов *Sweetognathus* и *Neostreptognathodus*. Исследование позволяет предложить, наряду с *Neostreptognathodus pnevi* Kozur et Movschovitsch — общепринятым маркером нижней границы кунгурского яруса, виды *N. lectulus* Chern. и *N. labialis* Chern в качестве дополнительных маркеров нижней границы кунгура.

Установленный в основании кунгурского яруса комплекс аммоноидей свидетельствует о наличии на рубеже артинского и кунгурского веков важного этапа в развитии парагастриоцератид. Этот этап связан со становлением в сообществе аммоноидей Средне- и Южноуральской акваторий рода *Clausiuraloceras*. Его представители в конце артинского века отделились от группы *Uraloceras fedorowi* (Karpinsky) и стали приобретать морфологические признаки, не свойственные для рода *Uraloceras*. Появление нового вида *Clasiuraloceras mechetlense* Kutygin в зоне Neostreptognathodus pnevi разреза Мечетлино позволило выделить в нижней части кунгура слои с *C. mechetlense*, нижняя граница которых близка к границе артинского и кунгурского ярусов.

Появление в основании кунгурского яруса разреза Мечетлино в ассоциациях мелких фораминифер кунгурских видов болорского яруса области Тетис, Шпицбергена и кунгурских видов Австралии (Гондваны) позволяет использовать фораминифер наряду с конодонтами и аммоноидеями для широких корреляций кунгурских отложений Южного Урала.

Весь арсенал полученных к настоящему времени палеонтологических данных свидетельствует о потенциальной возможности использовать разрез Мечетлино в качестве «золотого гвоздя» нижней границы кунгурского яруса. А приведенный сотрудниками санатория «Янган-Тау» в порядок внешний вид разреза (рис. 19) и инфраструктура, созданная благодаря включению разреза в состав геопарка «Янган-Тау», входят в перечень обязательных условий, предъявляемых к разрезам-кандидатам на роль GSSP.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-05-00306а.

Рис. 19. Разрез Мечетлино

а) работы по маркировке разреза, выполняемые сотрудниками санатория «Янган-Тау»; **б)** информационный щит на обнажении Мечетлино

Fig. 19. Mechetlino section

a) work on marking the section, performed by employees of the Resort "Yangan-Tau"; **b)** information board on the Mechetlino quarry

Литература:

Богословская М.Ф. Кунгурские аммоноидеи Среднего Предуралья // Палеонтологический журнал. – 1976. – № 4. – С. 43–50.

Вебер В.Н. Трилобиты каменноугольных и пермских отложений СССР. – Л.; М.: Госгеолиздат, 1937. – Т. 1–2. – 150 с.

Золотова В.П., Барышников Б.В. Фораминиферы кунгурского яруса тратотипической местности // Биостратиграфия артинского и кунгурского ярусов Урала. – Свердловск, 1980. – С. 72–109.

Иванов К.С. Методы поисков и выделения конодонтов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – 118 с.

Козлов В.А. О новых находках зубов акул в отложениях артинского яруса Предуралья // Матер. по стратигр. и палеонтол. Урала: Сб. научн. трудов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – С. 148–153.

Кутыгин Р.В. Clausiuraloceras mechetlense, новый вид аммоноидей из кунгура Южно-Уральского региона // Палеонтологический журнал. – 2018. – в печати.

Меллер В. О трилобитах каменноугольной формации Урала с обзором и некоторыми дополнениями предшествующих наблюдений над каменноугольными трилобитами вообще: Рассуждение, предст. в Совет Горн. ин-та для получения звания адъюнкта по Кафедре палеонтологии. – СПб.: тип. ИАН, 1867. – 72 с.: ил.; То же // Зап. СПб. минерал. об-ва. 1868. – Ч. 3. – С. 5–72.

Раузер-Черноусова Д.М. Некоторые псевдофузулины и парафузулины Башкирского Приуралья // Тр. ИГН АН СССР. – 1949. – Вып. 105, геол. сер., № 35. – С. 118–162.

Сосипатрова Г.П. Фораминиферы старостинской свиты, Шпицберген // Палеонтология. Биостратиграфия. – 1969. – № 27. – С. 46–79.

Стратиграфический кодекс России // *Под ред. А.И. Жамойды*. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. – 120 с.

Чувашов Б.И., Мизенс Г.А., Дюпина Г.В., Черных В.В. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми центральной части Бельской впадины. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. – 56 с.

Чувашов Б.И., Черных В.В. Кунгурский ярус Общей стратиграфической шкалы пермской системы // Докл. РАН. – 2000. – Т. 375, № 3. – С. 370–374.

Чувашов Б.И., Черных В.В., Богословская М.Ф. Биостратиграфическая характеристика стратотипов ярусов нижней перми // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2002. – Т. 10, № 4. – С. 3–19.

Чувашов Б.И., Черных В.В. Разрез Мечетлино (Южный Урал) — потенциальный лимитотип нижней границы кунгурского яруса // Докл. РАН. – 2011. – Т. 441, № 5. – С. 657–660.

Blazejowski B. Foraminifers from the Treskelodden Formation (Carboniferous-Permian) of south Spitsbergen // Polish Polar Research. – 2009. – No 30(3). – P. 193–230.

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section: A candidate for the Global Stratotype and Point (GSSP) of the Kungurian Stage (Cisuralian, Lower Permian) // Permophiles. – 2012. – No 56. – P. 21–34.

Crespin I. Permian Foraminifera of Australia. – Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, 1958. – No 48. – 207 p.

Filimonova T.V. Smaller Foraminifers of the Lower Permian from Western Tethys // Stratigraphy and Geological Correlation. – 2010. – No 18(7). – P. 687–811.

Ivanov A.O. Chondrichthyans from the Lower Permian of Mechetlino, South Urals, Russia // The Bulletin of Geosciences. – 2016. – No 92(4). – P. 717–729.

Kotlyar G., Sungatullina G., Sungatullin R. GSSPs for the Permian Cisuralian Series stages // Permophiles. – 2016. – No 63. – P. 32–37.

Lebedev O.A. A new specimen of Helicoprion Karpinsky, 1899 from Kazakhstanian Cisurals and a new reconstruction of its tooth whorl position and function // Acta Zoologica. – 2009. – No 90 (Suppl. 1). – P. 171–182.

References:

Blazejowski B. Foraminifers from the Treskelodden Formation (Carboniferous-Permian) of south Spitsbergen // Polish Polar Research. 2009. No 30(3). P. 193–230.

Bogoslovskaya M.F. Kungurskiye ammonoidei Srednego Predural'ya [Kunguran ammonoids of the Middle Preurals] // Paleontologicheskiy zhurnal. 1976. No4. P.43–50 (In Russian).

Chuvashov B.I., Mizens G.A., Dyupina G.V., Chernykh V.V. Opornyye razrezy verkhnego karbona i nizhney permi tsentral'noy chasti Bel'skoy vpadiny [Key-sections of the Upper Carboniferous and Lower Permian central part of the Belsk depression]. Sverdlovsk: UNTS AN SSSR, 1983. 56 p. (In Russian).

Chuvashov B.I., Chernykh V.V. Kungurskiy yarus Obshchey stratigraficheskoy shkaly permskoy sistemy [Kungurian Stage of the general stratigraphic scale of the Permian system] // DAN. 2000. T. 375, No 3. P. 370–374 (In Russian).

Chuvashov B.I., Chernykh V.V., Bogoslovskaya M.F. Biostratigraficheskaya kharakteristika stratotipov yarusov nizhney permi [Biostratigraphic characteristic of the stratotypes of the Stages of the Lower Permian] // Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya. 2002. T. 10, No 4. P. 3–19 (In Russian).

Chuvashov B.I., Chernykh V.V. Razrez Mechetlino (Yuzhnyy Ural) — potentsial'nyy limitotip nizhney granitsy kungurskogo yarusa [The Mechetlino section (Southern Urals) — potential limitotype of the lower boundary of the Kungurian stage] // DAN. 2011. T. 441, No 5. P. 657–660 (In Russian).

Chernykh V.V., Chuvashov B.I., Davydov V.I., Schmitz M.D. Mechetlino Section: A candidate for the Global Stratotype and Point (GSSP) of the Kungurian Stage (Cisuralian, Lower Permian) // Permophiles. 2012. No 56. P. 21–34.

Crespin I. Permian Foraminifera of Australia. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, 1958. No 48. P. 1–207.

Filimonova T.V. Smaller Foraminifers of the Lower Permian from Western Tethys // Stratigraphy and Geological Correlation. 2010. No 18(7). P. 687–811.

Ivanov A.O. Chondrichthyans from the Lower Permian of Mechetlino, South Urals, Russia // The Bulletin of Geosciences. 2016. No 92(4). P. 717–729.

Ivanov K.S. Metody poiskov i vydeleniya konodontov [Methods of searching and isolating conodonts]. Sverdlovsk: UNTS AN SSSR, 1987. 118 p. (In Russian).

Kotlyar G., Sungatullina G., Sungatullin R. GSSPs for the Permian Cisuralian Series stages // Permophiles. 2016. No 63. P. 32–37.

Kozlov V.A. O novykh nakhodkakh zubov akul v otlozheniyakh artinskogo yarusa Predural'ya [About new findings of sharks' teeth in the Artinskian deposits of the Cisurals] // Mater. po stratigr. i paleontol. Urala [Materials on stratigraphy and paleontology of the Urals]. Yekaterinburg, UrO RAN, 2000. P. 148–153. (In Russian).

Kutygin R.V. Clausiuraloceras mechetlense, novyy vid ammonoidey iz kungura Yuzhno-Ural'skogo regiona [Clausiuraloceras mechetlense, new ammonoid species from Kungurian of Southern Cisuralian Region] // Paleontologicheskiy zhurnal. 2018. In print. (In Russian).

Lebedev O.A. A new specimen of Helicoprion Karpinsky, 1899 from Kazakhstanian Cisurals and a new reconstruction of its tooth whorl position and function // Acta Zoologica. 2009. No 90 (Suppl. 1). P. 171–182.

Möller V. O trilobitakh kamennougol'noy formatsii Urala s obzorom i nekotorymi dopolneniyami predshestvuyushchikh nablyudeniy nad kamennougol'nymi trilobitami voobshche [Ueber die Trilobiten der Steinkohlenformation des Ural, nebst einer Uebersicht und einigen Ergänzungen der bisherigen Beobachtungen über Kohlen-Trilobiten im Allgemeinen] // Zap. SPb. Min. Obshch., 1868, Part 3. – P. 5–72 (In Russian).

Rauzer-Chernousova D.M. Nekotoryye psevdofuzuliny i parafuzuliny Bashkirskogo Priural'ya [Some pseudofuzulins and parafuzulins of the Bashkirian Urals] // Tr. IGN AN SSSR. 1949. Iss. 105, geol. ser., No 35. P. 118–162 (In Russian).

Sosipatrova G.P. Foraminifery starostinskoy svity, Shpitsbergen [Foraminifers of the Starostin Formation, Spitsbergen] // Paleontologiya. Biostratigrafiya. 1969. No 27. P. 46–79 (In Russian).

Stratigraficheskiy kodeks Rossii [Stratigraphic Code of Russia] // *Pod red. A.I. Zhamoydy*. 2-e. izd. SPb.: VSEGEI, 1992. 120 p. (In Russian).

Veber V.N. Trilobity kamennougol'nykh i permskikh otlozheniy SSSR [Trilobites of the Carboniferous and Permian system of the USSR]. L.; M.: Gosgeolizdat, 1937. T. 1–2. 150 p. (In Russian).

Zolotova V.P., Baryshnikov B.V. Foraminifery kungurskogo yarusa tratotipicheskoy mestnosti [Foraminifers of the Kungurian of the stratotype area] // Biostratigrafiya artinskogo i kungurskogo yarusov: Urala [Biostratigraphy of the Artinskian and Kungurian Sages of the Urals]. Sverdlovsk, 1980. P. 72–109 (In Russian).

Сведения об авторах:
Черных Валерий Владимирович, доктор геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН). E-mail chernykh@igg.uran.ru
Котляр Галина Васильевна, кандидат геол.-мин. наук, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). E-mail: Galina_Kotlyar@vsegei.ru
Кутыгин Руслан Владимирович, кандидат геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН). E-mail: rkutygin@mail.ru
Филимонова Татьяна Валериевна, кандидат геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН). E-mail: filimonova@ginras.ru
Сунгатуллина Гузель Марсовна, кандидат геол.-мин. наук, Казанский федеральный университет (КФУ). E-mail: Guzel.Sungatullina@kpfu.ru
Мизенс Гунар Андреевич, доктор геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН). E-mail: mizens@igg.uran.ru
Сунгатуллин Рафаэль Харисович, доктор геол.-мин. наук, Казанский федеральный университет (КФУ). E-mail: Rafael.Sungatullin@kpfu.ru
Исакова Татьяна Николаевна, кандидат геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН). E-mail: isakova@ginras.ru
Бойко Максим Сергеевич, кандидат геол.-мин. наук, Палеонтологический институт имени А.А. Борисяка РАН (ПИН РАН). E-mail: boikomaxim@mail.ru
Иванов Александр Олегович, кандидат геол.-мин. наук, Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ). E-mail: ivanova-paleo@yandex.ru
Мычко Эдуард Вагифович, кандидат геол.-мин. наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской Академии Наук (ИО РАН), г. Москва; ФГБУК «Музей Мирового океана», г. Калининград; Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, г. Москва. E-mail: eduard.mychko@gmail.com

About the autors:
Chernykh Valery Vladimirovich, doctor of geol.-miner. sciences, The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (IGG UB PAS). E-mail: chernykh@igg.uran.ru
Kotlyar Galina Vasilevna, candidate of geol.-miner. sciences, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). E-mail: Galina_Kotlyar@vsegei.ru
Kutygin Ruslan Vladimirovich, candidate of geol.-miner. sciences, Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (DPMGI SB RAS). E-mail: rkutygin@mail.ru
Filimonova Tatiana Valerievna, candidate of geol.-miner. sciences, Geological Institute of the Russian Academy of Sciences (GIN RAS). E-mail: filimonova@ginras.ru
Sungatullina Guzal Marsovna, candidate of geol.-miner. sciences, Kazan Federal University (KFU). E-mail: Guzel.Sungatullina@kpfu.ru
Mizens Gunar Andreevich, doctor of geol.-miner. sciences, The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (IGG UB PAS). E-mail: mizens@igg.uran.ru
Sungatullin Rafael Kharisovich, doctor of geol.-miner. sciences, Kazan Federal University (KFU). E-mail: Rafael.Sungatullin@kpfu.ru
Isakova Tatiana Nikolaevna, candidate of geol.-miner. sciences, Geological Institute of the Russian Academy of Sciences (GIN RAS). E-mail: isakova@ginras.ru
Boiko Maxim Sergeevich, candidate of geol.-miner. sciences, Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences (PIN PAS). E-mail: boikomaxim@mail.ru
Ivanov Alexander Olegovich, candidate of geol.-miner. sciences, Saint Petersburg State Univesity (SPBU). E-mail: ivanova-paleo@yandex.ru
Mychko Edward Vagifovich, candidate of geol.-miner. sciences, P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (IO RAS), Moscow, Russia; Museum of the World Ocean, Kaliningrad, Russia; Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: eduard.mychko@gmail.com

УДК 551.736 http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-12

ОТПЕЧАТОК РАСТЕНИЯ В САКМАРО-АРТИНСКИХ ФЛИШЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОСТОЧНОГО БОРТА ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА (НА ТЕРРИТОРИИ ГЕОПАРКА «ЯНГАН-ТАУ»)

© 2018 г. В. М. Горожанин

Реферат. В фондах Национального музея Республики Башкортостан (г. Уфа) находится образец алевропесчаника с отпечатком еще не диагносцированного растения очень хорошей сохранности. Место находки находится в Салаватском районе Республики Башкортостан и более точно не атрибутировано. Учитывая особенности породы, в которой находится ископаемый остаток, наиболее вероятно, что она происходит из флишевых сакмаро-артинских отложений нижней перми, широко распространенных на территории Салаватского района и будущего геопарка «Янган-Тау». Растение имеет характерное ветвление и расщепленное надвое строение листьев, что делает их похожими на некоторые виды хвощевидных, папортникоподобных, а также гинкговых. Уточнение диагноза специалистами поможет точнее реконструировать климат раннепермского времени. Поиск подобных хорошо сохранившихся отпечатков является очень привлекательной идеей и может стать одной из целей для организации специальных геологических и палеонтологических экскурсий на территории парка «Янган-Тау».
Ключевые слова: литифицированный отпечаток растения, нижняя пермь, геопарк «Янган-Тау»

THE FOSSIL PLANT'S PRINT IN SILT-SANDSTONE FROM THE LOWER PERMIAN SAKMARIAN-ARTIAN FLYSH DEPOSITES AT THE EASTERN PART OF PREURALIAN FOREDEEP (IN THE "YANGAN-TAU" GEOPARK TERRITORY)

V. M. Gorozhanin

Abstract. In the collections of the National Museum of the Republic of Bashkortostan (Ufa) is a sample of silt-sanstone with the fossil print have not to diagnose plants are very well preserved. The place of discovery is located in Salavat district of the Republic of Bashkortostan and more accurately is not attributed. Given the characteristics of the rock in which a fossil is a remnant, it is most likely that it comes from flysch Sakmara-Artinskian deposits of the lower Permian, widespread on the territory of Salavat area of the Geopark "Yangan-Tau". The plant has a distinctive branching and split the structure of leaves, making them similar to some species Equisetophyta, Lyginipteridophyta and Ginkgophyta. Clarify the diagnosis by the professionals will help to better reconstruct the climate of the early Permian time. The searching for such well-preserved prints is a very attractive idea and can be one of the goals for the organization of special geological and paleontological excursions in the territory of the future "Yangan-Tau" Park
Key words: Petrified plant's print, Lower Permian, "Yangan-Tau" Geopark

В фондах Национального музея Республики Башкортостан (НМРБ) с 2007 г. находится экземпляр растительного отпечатка в плотном алевропесчанике. Камень с отпечатком размером 40×16×4 см имеет плитообразную форму. Сам отпечаток имеет несколько меньшие размеры — 36×15 см. Растительный остаток литифицирован и углефицирован, поэтому он контрастно выделяется более темным цветом на фоне зеленовато-серого алевропесчаника (рис. 1а). Привлекательный внешний вид и хорошая сохранность ствола с веточками и листьями послужили основанием для помещения его в экспозицию музея, которая создавалась автором в то время, даже без определения видовой принадлежности. Поскольку образец с камнем был передан автору в дар «через третьи руки» без какой-либо атрибутики, обстоятельства и точное место находки также остались неизвестными. Было известно лишь, что камень с отпечатком найден на территории Салаватского района Республики Башкортостан в придорожном карьере.

Предполагается, что вся территория этого района войдет в геопарк «Янган-Тау». В связи с этим автор обращает внимание на то, что подобные хорошо сохранившиеся отпечатки древней растительности, которые должны быть объектом не только научного изучения, но и привлекательной целью для организации специализированных геологических или палеонтологических экскурсий, могут быть найдены на территории будущего геопарка практически повсеместно. На это указывают особенности той горной породы, в которой находится растительный отпечаток. Ее зеленовато-серый цвет, «мусорный» состав, включающий зерна кварца, полевых шпатов и других горных пород,

Рис. 1. Окаменелый отпечаток растения в алевропесчанике из флишевых сакмаро-артинских отложений нижней перми на территории Салаватского района Республики Башкортостан. Б–В — детали строения веток. Образец из фондов НМРБ (коллекционный № 22377/35 ОФ)

Fig. 1 The fossil plant print in silt-sandstone from the Lower Permian Sakmarian-Artian flysh deposites at the Salavat district of the Republic Bashkortostan: Б–В — the vaya structure detail. The Sample from Fund of NMRB (collection No 22377/35 OF)

слоистость с элементами градационной сортировки, а также обилие растительного детрита — все указывает на то, что она представляет собой алевропесчаную часть флишевой толщи, широко распространенной в отложениях сакмарского и артинского ярусов нижней перми в восточном борту Предуральского краевого прогиба. Как видно из рисунка (рис. 2), нижнепермские (ассельские, сакмарские, артинские и кунгурские) отложения занимают почти всю центральную, а также западную часть геопарка и пользуются широким распространением к северу и западу от него.

Флишевые отложения, заполнявшие Предуральский прогиб, иногда содержат многочисленный растительный детрит, который из-за мелкой раздробленности чаще всего бывает неопределим. В редких случаях, при хорошей сохранности, остатки удается определить, и именно по ним можно судить о климате в момент осадкообразования. По этой причине находки хорошо сохранившихся фрагментов растительных остатков имеют большое значение для исследователей, изучающих геологическую историю Урала.

В качестве примера можно привести хорошо известное уникальное местонахождение пермских ископаемых растений и насекомых Чекарда (на р. Сылва в Пермском крае), где в отложениях кунгурского яруса описано более двухсот видов высших растений [Пономарева, Новокшонов, Наугольных, 1998], произраставших в условиях начавшейся аридизации климата в пермское время.

Одна из последних находок древних растительных остатков сделана в Предуральском краевом прогибе немного севернее геопарка «Янган-Тау», на территории Белокатайского района РБ (район пос. Карантрав), где при геологосъемочных работах в отложениях гжельского яруса верхнего карбона были обнаружены и детально изучены фрагменты стеблей плауновидных растений. Изучение этих остатков помогло в определении влажных и теплых, а также болотно-лесных условий их произрастания [Орлова, Тевелев и др., 2016].

Что касается самого растительного остатка, о котором идет речь, то сомнений в том, что он может быть определен специалистами до родового, или даже видового состава, нет, т. к. очень хорошо сохранилась вся система, включающая центральный ствол, боковые ветви и листья. Отчетливо различимы особенности ветвления ствола и боковых побегов, характер их прикрепления и даже некоторые детали строения, такие как наличие центрального прожилка в них, который вероятно мог быть трубообразным, поскольку листья имеют расщепленный (раздвоенный) вид (рис. 1б, в). Отсутствуют только спорангии — элементы плодоношения (т. н. фертильные элементы).

Указанные особенности растения позволяют сравнить его с некоторыми ныне живущими или вымершими в древности разновидностями.

По характеру ветвления и прикрепления стеблей к стволу оно имеет некоторое сходство с хвощевидными растениями из класса эквизетопсид (рис. 3а [Юрина и др., 2010]), расцвет которых пришелся на

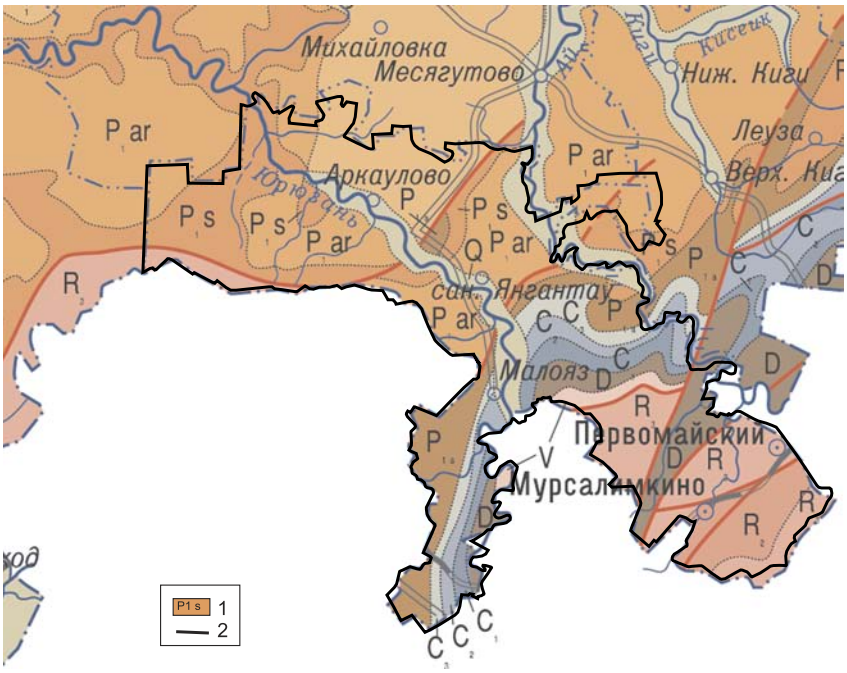


Рис. 2. Территория геопарка «Янган-Тау» на геологической карте [Магадеев, Клименко, 2005]

Условные обозначения: Красновато-коричневым цветом (1) показаны отложения сакмарского и артинского ярусов нижней перми, из которой может происходить образец камня с отпечатком растения; 2 — границы геопарка «Янган-Тау» (Салаватского р-на Республики Башкортостан)

Fig. 2. "Yangan-Tau" geopark territory on the geological map [Magadeev, Klimenko, 2005]

Legend: By reddish color (1) are shown the Lower Permian Sakmarian-Artian deposites, in which the fossil plant could be found; 2 — the border of "Yangan-Tau" geopark (and Salavat district of the Rebublik Bashkortostan).

карбон и пермь. А по такому характерному признаку, как расщепленный характер листьев, отпечаток может быть сравним с некоторыми вымершими видами большой группы голосеменных растений, которые обитают от девона до настоящего времени. В частности, он имеет большое сходство с родом *Rhodeopteridium* (рис. 3б) из отдела лигиноптеридофитов (папортникоподобных) из группы голосеменных растений [Юрина и др., 2010], а также гинкговых. На рис. 3в приведена реконструкция одного из видов гинкговых — *Altenopsis stricta* Naug., выполненная С.В. Наугольных для Чекардинского местонахождения [Пономарева, Новокшонов, Наугольных, 1998].

Обилие растительного детрита в песчаных отложениях может свидетельствовать о близости суши в морских отложениях либо об осадконакоплении в континентальных условиях, а также в условиях дельты реки. Наличие предполагаемого гониатита с прямым ростром (рис. 4б) прямо указывает на открыто морской характер осадконакопления. Об этом же говорит весь многолетний опыт изучения пермских флишевых отложений на Урале.

Рис. 3 Возможные аналоги растительного остатка: а — *Schizoneura paradoxa* Schimper et Mougeot из отдела хвощевидных; б — *Rhodeopteridium* sp. из отдела папортниковидных [Юрина и др., 2010]; в — реконструкция *Alternopsis Stricta* Naug., выполненная С.В. Наугольных [Пономарева, Новокшенов, Наугольных, 1998]; на врезке показан раздвоенный характер листьев для некоторых видов гинкговых Гондваны и Ангариды

Fig. 3. The possible analogies of the fossil plant print: a — *Schizoneura paradoxa* Schimper et Mougeot from divisio equisetophyta; б — *Rhodeopteridium* sp. from divisio Lyginipteridophyta [Yurina et al., 2010]; в — reconstruction of the *Alternopsis Stricta* Naug., had made by S.V. Naugolnykh [Ponomareva, Novokshenov, Naugolnykh, 1998], the forked character of leafs for some species of Ginkgophyta of the Gondvana and Angarida is shown in the box

Рис. 4. Фрагменты палеонтологических остатков на обратной стороне образца с отпечатком растения: а — отпечаток ствола Calamites, б — окаменелая «трубочка» — фрагмент прямого ростра гониатита (?). Тот же образец, что и на рис. 1, обратная сторона.

Fig. 4. The fragments of the fossils on the back side of the sample with plant print: a — Calamites fragment print, б — petrified “pipe” — fragment of orthoceras (?). The same sample, that on fig. 1, back side.

Во флишевых толщах растительные остатки в виде детрита чаще всего приурочены к песчаникам — нижним частям циклов Боума, что свидетельствует о том, что осадконакопление происходило далеко от берега в условиях высокоскоростных турбидитных потоков, что, по-видимому, исключает хорошую сохранность переносимых таким потоком растений. Если же находки приурочены к тонкозернистой или глинисто-карбонатной (пелагической) части ритма, то можно предположить медленное затопление и погружение плавающих растительных остатков в открыто морских условиях; такой способ захоронения с большей вероятностью законсервирует растение целиком. Вероятно, именно таким было захоронение нашего растительного остатка, хотя ничего не известно о том, в какой части турбидитного ритма была сделана находка. Порода, в которой он содержится, представляет собой алевропесчаник, который отражает, скорее всего, среднюю часть осадочного ритма. Более интересной была бы информация о климатических условиях произрастания этого растения, что могло бы уточнить положение этой части Предуральского прогиба относительно палеоэкватора. Однако без определения видовой принадлежности и изучения специалистами-палеоботаниками судить об этом пока преждевременно.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что на территории геопарка «Янган-Тау» широко распространены флишевые отложения, в которых могут быть сделаны интересные палеонтологические находки древних растений очень хорошей сохранности, которые могут украсить палеонтологические коллекции любого музея естественнонаучной направленности. Их сбор и последующее изучение специалистами-палеоботаниками позволит больше узнать об эволюции организмов и изменениях климата в истории Земли.

Благодарности. *Автор благодарит администрацию НМРБ и сотрудников В.Я. Аллагуватову и В.Н. Сироткина за предоставленную возможность фотографирования коллекционного образца.*

Литература:

Магадеев Б.Д., Клименко Т.В. Геологическое строение, полезные ископаемые, рельеф // Атлас Респ. Башкортостан / *Под ред. И.М. Япарова*. – Уфа: Китап, 2005. – С. 41–68.

Орлова О.А., Тевелев Ал.В., Мамонтов Д.А., Аникеева Е.В. Позднекаменноугольные плауновидные из местонахождения Карантрав (Южный Урал) // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2016. – № 6. – С. 28–36.

Пономарева Г.Ю., Новокшонов В.Г., Наугольных С.В. Чекарда — местонахождение пермских ископаемых растений и насекомых. – Пермь: Изд-во ПГУ, 1998. – 92 с.

Юрина А.Л., Орлова О.А., Ростовцева Ю.И. Палеоботаника. Высшие растения. – Изд-во МГУ, 2010. – 224 с.

References:

Magadeev B.D., Klimenko T.V. Geologicheskoe stroenie, poleznye iskopaemye, relief [Geological structure, mineral resources, relief] // Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas of the Republic Bashkortostan] / *I.M. Yaparov (ed.)*. Ufa: Kitap, 2005. P. 41–68 (In Russian).

Orlova O.A., Tevelev Al.V. Mamontov D.A., Anikeeva E.V. Pozdnekamennougolnye plaunovidnye iz mestonakhozhdeniya Karantrav (Yuzhnyii Ural) [Late Carboniferous from the location of the Karantrav (Southern Urals)] // Vestnik Mosk. Univ., Ser. 4. Geology. 2016. No. 6. P. 28–36 (In Russian).

Ponomareva G.Yu, Novokshonov V.G., Naugolnykh S.V. Chekarda — mestonakhozhdenie permskikh iskopaemykh ostatkov i rastenii [Chekarda — the location of Permian fossil plants and insects]. Perm: publishing house of Perm Univ., 1998. 92 p. (In Russian).

Yurina A.L., Orlova O.A., Rostovtsev Y.I. Palaeobotanika. Vysshie rasteniya. [Paleobotanica. Higher plant]. Publishing house of Moscow State Univ., 2010. 224 p. (In Russian).

Сведения об авторе:

Горожанин Валерий Михайлович, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Gorozhanin@ufaras.ru

About the autror:

Gorozhanin Valery Michailovich, candidate of geological and minaralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: Gorozhanin@ufaras.ru

УДК 551.442 + 56(11) (470.55/.57) http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-1-13

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА ПЕЩЕРЫ СИКИЯЗ-ТАМАК 7 (ЮЖНЫЙ УРАЛ, РОССИЯ)

© 2018 г. Г. А. Данукалова, В. И. Юрин, П. А. Косинцев, Е. М. Осипова, Р. Г. Курманов

Реферат. Результаты комплексных биостратиграфических исследований, дополненные радиоуглеродными датами, позволяют реконструировать в позднем неоплейстоцене и голоцене на территории вокруг пещерного комплекса Сикияз-Тамак следующие палеообстановки.

Поздний неоплейстоцен. В черменинско-калининское время доминировали открытые пространства, занятые полынно-маревыми и злаково-разнотравными ассоциациями с эфедрой. Небольшие по площади леса состояли из ели, сосны и березы. Климат был прохладным. В ленинградское время произошло увеличение площадей еловых и елово-сосновых лесов с примесью широколиственных и мелколиственных пород. Открытые пространства занимали полынно-маревые и злаково-разнотравные растительные сообщества. В это время растительный покров был очень близок к современному, климат был умеренно-теплым и более влажным в летние месяцы, чем ныне. В конце плейстоцена во время последнего ледниковья (осташковское время) были распространены лесостепные ландшафты. Открытых пространств, занятых разнотравьем с примесью маревых, полыней и злаков, стало больше. Площади еловых лесов начали сокращаться, возросла роль сосны. В целом отмечено ухудшение условий произрастания растительности, что связано с общим похолоданием климата. Во всех фаунах позднего неоплейстоцена преобладают виды открытых ландшафтов. Виды, связанные с древесно-кустарниковой растительностью, немногочисленны. Одинаковый экологический состав фаун указывает на сходные природные условия во время формирования вмещающих их слоев.

Голоцен. В раннем голоцене продолжали существовать лесостепные ландшафты в условиях прохладного климата. Позже, в среднем и позднем голоцене, вследствие постепенного потепления стали доминировать сосновые и березовые леса с примесью елей, пихты, лиственницы, вяза, липы, дуба, ольхи и ивы. Роль травянистой растительности резко сократилась, в этот период она была представлена преимущественно видами разнотравья и полынями. В голоценовой фауне найдены остатки белки, что свидетельствует о существовании в конце среднего – позднем голоцене в районе пещеры значительных лесных массивов, образованных преимущественно хвойными породами. Экологическая приуроченность видов моллюсков свидетельствует, что в позднем голоцене склон, где расположена пещера, скорее всего, был покрыт смешанным лесом, кустарниками и густой травянистой растительностью, где сохранялась повышенная влажность, но в то же время склон достаточно хорошо прогревался, и на нем встречались остепненные участки.

Ключевые слова: Южный Урал, верхний плейстоцен, стратиграфия, пещеры, палинология, моллюски, млекопитающие, археология

BIOSTRATIGRAPHICAL STUDY OF THE UPPER PLEISTOCENE AND HOLOCENE DEPOSITS OF THE SIKIYAZ-TAMAK 7 CAVE (SOUTHERN FORE-URALS, RUSSIA)

G. A. Danukalova, V. I. Yurin, P. A. Kosintsev, E. M. Osipova, R. G. Kurmanov

Abstract. The results of a complex biostratigraphical study, supported by radiocarbon dates, make it possible to reconstruct the following paleo-conditions in the Late Neopleistocene and Holocene on the territory around the Sikiyaz-Tamak cave complex.

Late Neopleistocene. During the Chermenino-Kalinin period, open spaces with Artemisia-Chenopodiaceae and Poaceae-herbage associations accompanied by Ephedra dominated. Small forests consisted of Picea, Pinus and Betula. The climate was cool. During the Leningrad time, there was an increase in the areas of

Picea and Picea-Pinus forests with an admixture of broadleaved and small-leaved species. Open spaces were occupied by Artemisia-Chenopodiaceae and Poaceae-herbage associations. At that time, the vegetation cover was very close to modern one, the climate was moderately warm and more humid during the summer months than now. At the end of the Pleistocene during the last glaciation (Ostashkovo time), forest-steppe landscapes were spread. Open areas were occupied by herbs with an admixture of Chenopodiaceae, Artemisia and Poaceae. The areas of Picea forests decreased, the role of pines increased. In general, deterioration of vegetation growth conditions was noted, which is related to the general cooling of the climate. In all Late Neoplestocene faunas the species of open landscapes dominated. Species associated with trees and shrubs were few. The same ecological fauna composition indicates similar natural conditions during the formation of the enclosing layers.

Holocene. During the Early Holocene forest-steppe landscapes continued to exist in the conditions of a cool climate. Later, during the Middle and Late Holocene due to the gradual warming, pine and birch forests with an admixture of spruce, fir, larch, elm, linden, oak, alder and willow predominated. The role of herbaceous vegetation declined sharply and during this period it was represented mainly by herbs and Artemisia. The remains of a squirrel were found in the Holocene fauna, which indicates the coniferous forests existence during the late Middle – Late Holocene in the cave surroundings. The Late Holocene mollusc species ecological preferrences suggest that the slope where the cave is located was most likely covered by mixed forest, shrubs and dense grassy vegetation, where high humidity was maintained, but at the same time the slope was warm enough for the steppe plants existence.

Key words: Southern Urals, Upper Pleistocene, stratigraphy, caves, palynology, molluscs, mammals, archaeology

Введение

Сикияз-Тамакский пещерный комплекс расположен в южных отрогах хребта Туй-тюбе, прорезанных р. Ай (левый приток реки Уфа, бассейн реки Белая), на высоте от уреза воды в реке (межень) от 0,5 до 67 м (большая часть объектов от 20 м и выше), на границе Салаватского района Республики Башкортостан и Саткинского района Челябинской области РФ (рис. 1).

Долина реки Ай на этом участке узкая (300–500 м) и извилистая; высота отвесных береговых обрывов до 80 м. На пологих участках долины располагаются низкая, высокая пойма и первая надпойменная терраса. Леса, окаймляющие реку по левому низкому берегу — сосновые, а по правому — лиственные (в основном березовые) и смешанные.

Несмотря на то, что о существовании крупных пещер в долине р. Ай было известно местным жителям и туристам издавна, первое карстово-спелеологическое обследование окрестностей д. Сикияз-Тамак было проведено в 1954 г. экспедицией Челябинского отделения Географического общества СССР под руководством профессора А.Д. Сысоева.

В 1995–1999, 2001–2003 гг. разведочные работы на территории проводились совместной спелеоархеологической экспедицией под руководством В.И. Юрина: было обнаружено и обследовано более 130 карстовых объектов, 49 из них: пещеры (38), гроты (3), скальные навесы (4), арки (3) и карстовый мост (1) оказались расположенными компактной группой, впервые выделенной как Сикияз-Тамакский пещерный комплекс (рис. 2). Сикияз-Тамакский комплекс представляет собой уникальный памятник природы, не имеющий аналогов на Урале и в России в целом (рис. 1Б) [Юрин, 1996, 1997, 1999, 2001, 2003, 2006, 2008 а, б, 2010]. Была произведена топографическая (полуинструментальная) съемка данного пещерного комплекса и его отдельных объектов, собраны коллекции — артефакты и палеонтологический материал.

Большинство пещер комплекса по протяженности небольшие (от 3 до 50 м), наибольшая длина ходов в пещере Сикияз-Тамакская Сквозная (рис. 2: 13, 16) — 198 м. Половина пещер представляет собой только входной грот. Все пещеры и гроты сухие, некоторые заполнены мощными слоями рыхлых отложений, имеют горизонтальный или слабонаклонный пол, хорошую освещенность, южную и западную экспозиции, некоторые из них посещаются туристами и используются ныне животными. Арки входов, своды гротов, галерей и ходов имеют различные геометрические формы: прямоугольные, треугольные, трапециевидные, овальные, сферические и др. Площадь гротов от 10 до 110 м^2, высота на сегодняшний день от 0,5 до 8 м. Расстояние между крайними пещерами вдоль берега по линии север – юг составляет 425 м, удаленность от береговой линии от 8 до 85 м. 21 пещера и 1 навес (рис. 2: 4, 6–22, 31, 32, 39, 41) расположены в одном скальном мысу и составляют ядро пещерного комплекса. Почти все пещеры

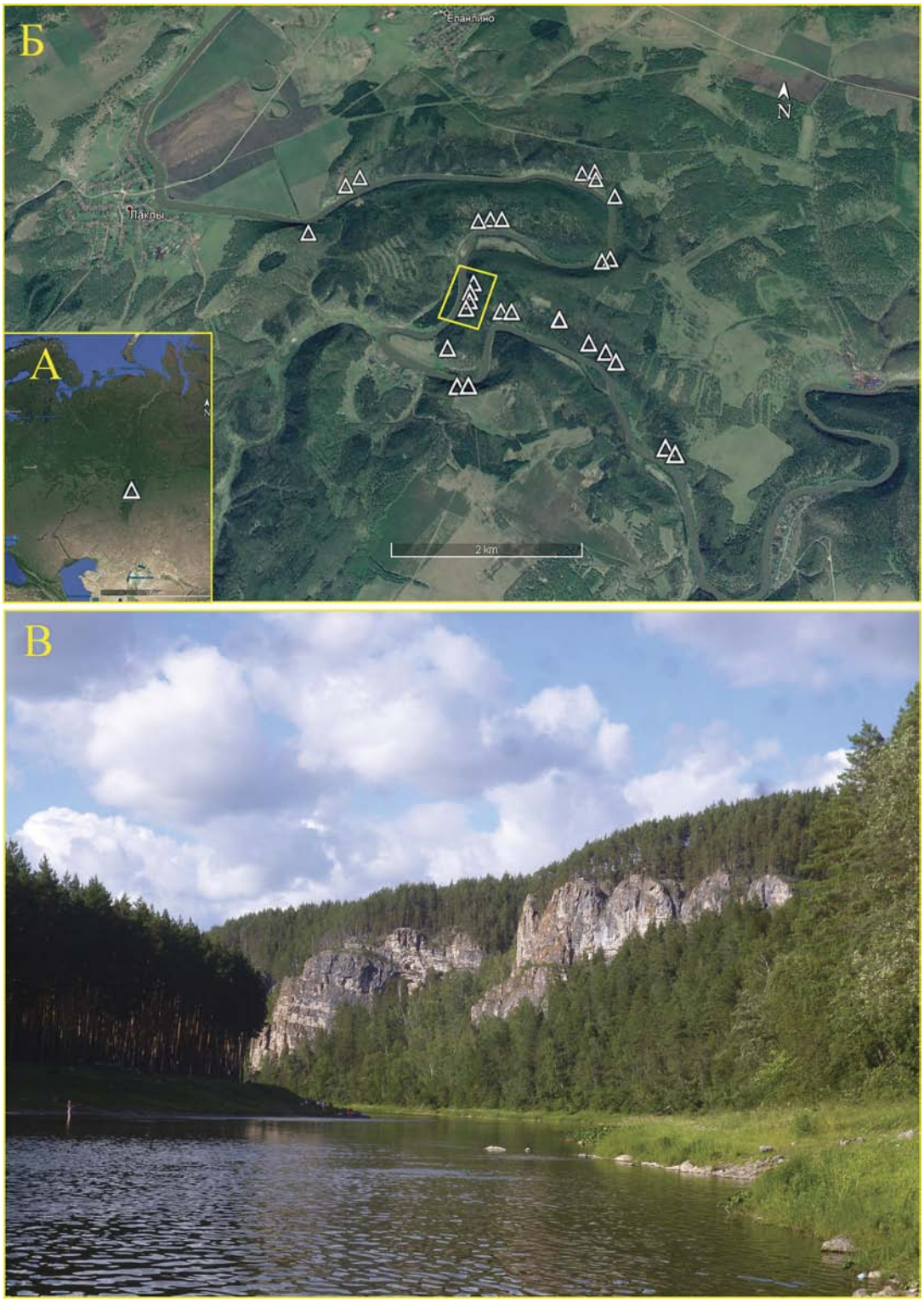


Рис. 1 А, Б — Обзорная карта-схема территории исследований с указанием местоположения объекта культурного наследия «Сикияз-Тамакский пещерный комплекс» (Google Earth), прямоугольник показывает расположение комплекса. В — скалы «Нижние притёсы» на правом берегу р. Ай (2016 г.), в которых находится пещерный комплекс. *Фото В.И. Юрина*

Fig. 1. A, Б — A General Map showing the Object of the cultural heritage "Sikiyaz-Tamak Cave Complex" location (Google Earth), rectangle shows location of this complex. B — The cliff "Nizhnie Pritesy" on the right bank of the Ai River (2016) which incorporates the cave complex. *Photo of V.I. Yurin*

ядра комплекса соединены между собой карнизом, опоясывающим скалу па высоте 35–40 м. Активный процесс карстообразования закончился давно, в настоящее время присутствует в основном только процесс морозного выветривания во всех, кроме погребенных, полостях. Все залы и коридоры пещер комплекса заполнены слоями рыхлых осадков. На полу 24 пещерных объектов (рис. 2: 1, 2, 4, 7, 8, 10, 13–24, 28, 30, 35–37, 47) обнаружены и собраны целые и раздробленные кости животных. В 13 пещерах (рис. 2: 4, 7, 10, 13–21, 23) найдены фрагменты древней керамики и предметы камнеобрабатывающего производства, а также предметы из разных металлов; рыхлые отложения были прошурфованы в четырех пещерах и при раскопках обнаружен культурный слой (рис. 2: 10, 13, 23, 28). Обследование объектов и сбор дополнительного материала проводится ежегодно.

Пещера Сикияз-Тамак 7 (или «Каминная») (рис. 2: 23) (55° 11' 11,53" с.ш., 58° 36' 59,21" в.д.) расположена в 50 м восточнее основного ядра пещерного комплекса, на высоте 55 м от уровня воды в р. Ай, в 113 м от берега. Карстовая полость представляет собой двухуровневую пещеру коридорного типа с карстовым мостом и тремя входами: основной север-северо-западной экспозиции (ширина 12 м, высота 9 м), верхний вертикальный вход и вертикальный вход с юго-западной стороны (был погребен, вскрыт в 2003 г.) (рис. 3). Общая протяженность пещеры составляет 51,5 м, высота свода от 1 до 8 м. Пол пещеры ровный, понижается к выходу, покрыт известняковой дресвой и щебнем. Перед входом (линией нависания) с северной стороны расположена небольшая наклонная площадка. Пещера сухая, почти на всю глубину хорошо освещена. В восточной части Входного грота пещеры в потолке имеется вход № 2 (окно-провал), образующий карстовый мост. Пещера исследовалась под руководством В.И. Юрина: в 1996–1997 гг. на привходовой площадке пещеры был прорыт шурф 2×2 м, на всю глубину отложений, до скального дна (рис. 4); в 1998 и 2003 гг. сделаны раскопы для изучения голоценовых отложений (слои № 1–6) и отобраны пробы для палинологических и фаунистических исследований. В рыхлых отложениях пещеры найдены артефакты археологических культур среднего и верхнего палеолита, неолита (?) и энеолита (?), бронзы, раннего железного века.

Основной целью биостратиграфических исследований была реконструкция природной среды позднего плейстоцена и голоцена во время накопления рыхлых пещерных отложений.

Материал и методы

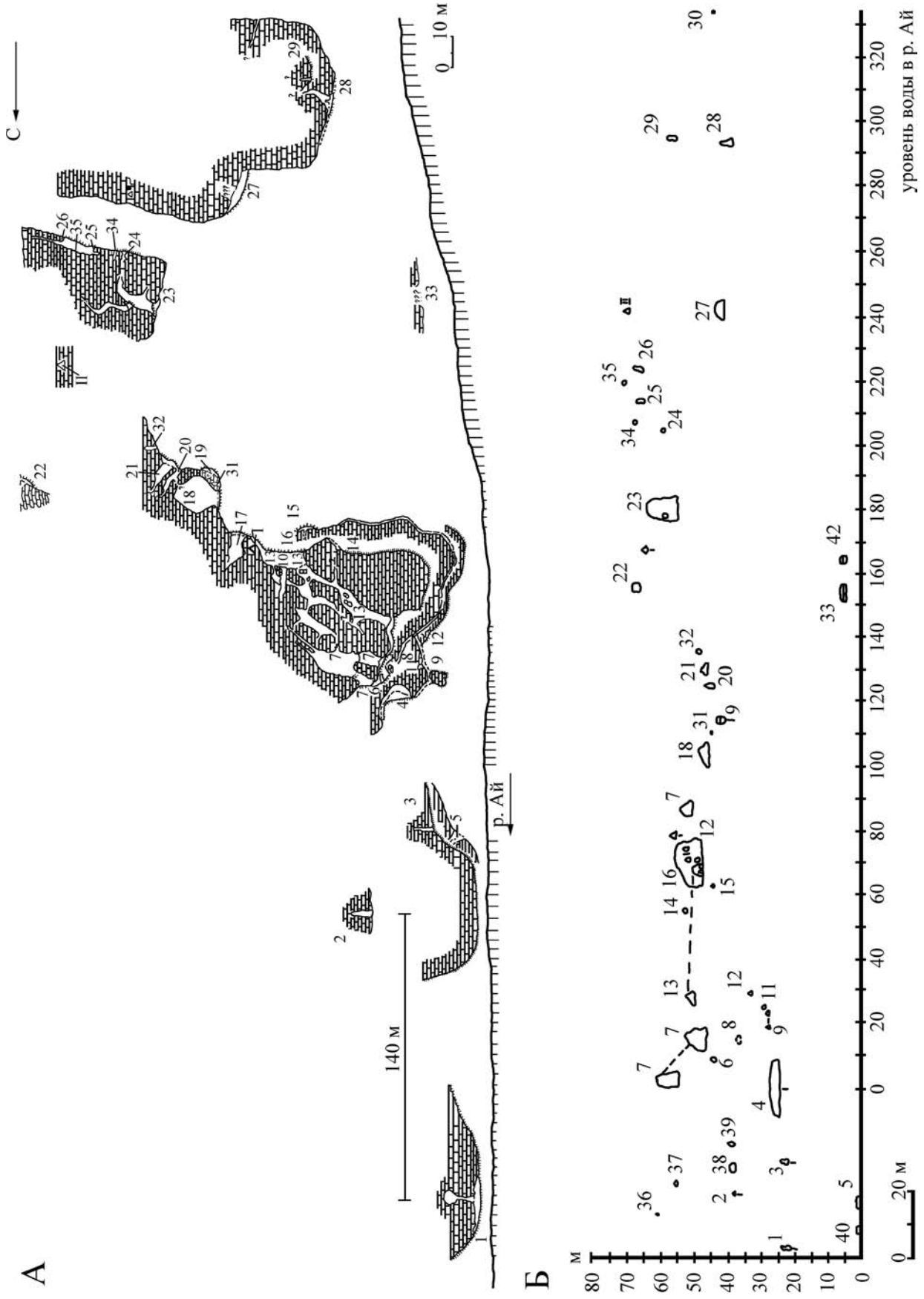
Материалы для палеонтологических исследований были получены в 1996–1998 гг. из отложений позднего плейстоцена и голоцена (MIS 3 – MIS 1) пещеры Сикияз-Тамак 7.

Полевые исследования. Поиск и сбор палеонтологических остатков проводился при просеивании рыхлых отложений при помощи сит с размером ячеи 4 мм и выборке из слоя. Из концентрата совместно с костными остатками млекопитающих отбирались и раковинки моллюсков.

Палинологические исследования. Всего спорово-пыльцевым методом изучено 18 образцов. Получено 16 репрезентативных спорово-пыльцевых спектров, в 2 образцах содержание пыльцевых зерен и спор не превышало 50 шт. Палинологические исследования были проведены Л.И. Алимбековой [Алимбекова, Данукалова, 1999], интерпретация полученных данных — Р.Г. Курмановым.

Малакологические исследования. Раковины моллюсков были редкими — найдено всего пятнадцать полных экземпляров, а также мелкие фрагменты раковин. Видовые определения выполнены согласно определителям наземных моллюсков [Kerney, Cameron, 1999; Лихарев, Раммельмейер, 1952; Sysoev, Shileyko, 2009]. Коллекция раковин моллюсков хранится в Институте геологии Уфимского Федерального исследовательского Центра РАН (г. Уфа).

Териологические исследования. Определение костных остатков проведено по условным горизонтам, мощностью 10 или 15 см. У всех видов определялись все элементы скелета. Данные по отдельным горизонтам были объединены в соответствии с выделенными литологическими слоями. Материалы из слоев 1–6 не удалось стратиграфически разделить и поэтому они рассматриваются как выборки из слоев 1–4 и 5–6. Не получилось выделить отдельно фауну из слоя 12 и она объединена с фауной из слоя 9. В слое 15 найдены единичные неопределимые кости крупных млекопитающих и данные по ним не приводятся. В слоях 16 и 17 костных остатков не найдено. Костные остатки сильно фрагментированы и неопределимые фрагменты костей во всех слоях составляют около 90%. Многие кости имеют следы погрызов хищниками и действия пищеварительных ферментов. Это указывает на накопление подавляющего большинства костей в результате жизнедеятельности хищных млекопитающих. Исключение составляют целые кости пещерного медведя, которые принадлежат


А
Б
С
10 м
140 м
р. Ай
уровень воды в р. Ай
20 м
м

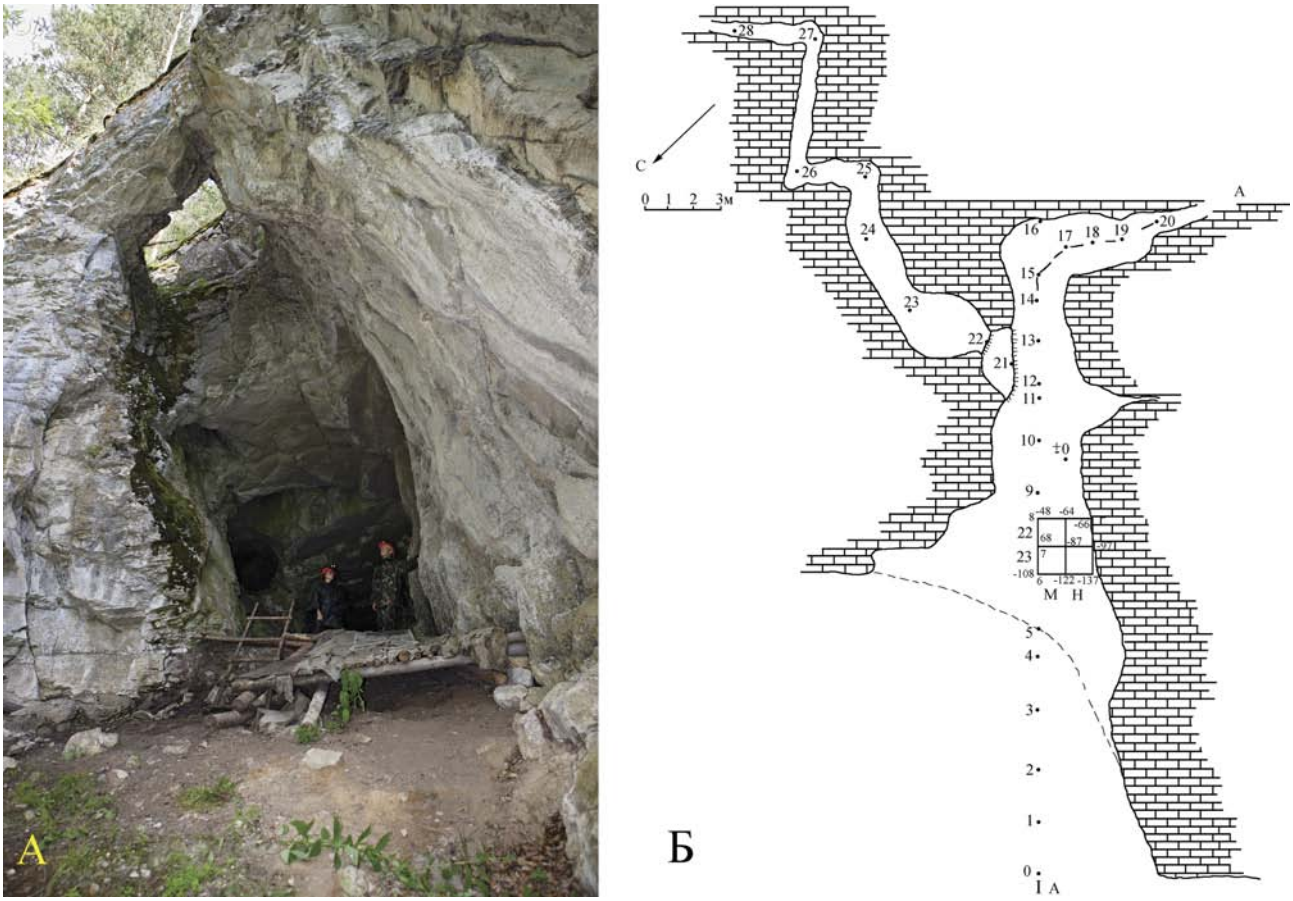


Рис. 3. А — вход в пещеру Сикияз-Тамак 7 (2008 г.). *Фото В.И. Юрина*. **Б — план пещеры Сикияз-Тамак 7 (по В.И. Юрину)**

Fig. 3. A — Sikiyaz-Tamak 7 cave entrance (2008). *Photo of V.I. Yurin*. **B — Sikiyaz-Tamak 7 cave plan (according to V.I. Yurin)**

в основном молодым особям, а также часть целых костей суслика: эти кости принадлежат особям, погибшим во время зимней спячки. Роющая деятельность сусликов привела к частичному перемешиванию костей из разных слоев. Коллекция костных остатков хранится в музее Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Екатеринбург).

Датирование. Отложения датированы абсолютным (радиоуглеродным) и относительными (археологическим и биостратиграфическим) методами. Радиоуглеродное датирование проведено методом ускорительной масс-спектроскопии в геохронологических лабораториях университета Оксфорда (Великобритания) (OxA) и Гливице (Gliwice, Польша) (GdA) по костным остаткам млекопитающих из слоев 8, 9 и 11.

Описание рыхлых отложений пещеры Сикияз-Тамак 7 и результаты биостратиграфических исследований приведены ниже.

← **Рис. 2. Объект культурного наследия «Сикияз-Тамакский пещерный комплекс»: А — общий план, Б — схема расположения пещер на развертке скалы.** *Полуинструментальная съемка выполнена В.И. Юриным в 1995–1997 гг.*

Условные обозначения: 1–42 — карстовые полости (пещеры, гроты, навесы): 4 — навес; 9, 13 — сквозные пещеры; 7 — V-образная пещера; 13 — пещера «Сквозная» им. А.Д. Сысоева; 18 — грот «Танцевальный»; 23 — пещера «Каминная» (=Сикияз-Тамак 7); 28 — грот «Треугольный».

Fig. 2. The Object of the cultural heritage "Sikiyaz-Tamak Cave Complex": A — a general plan view, B — a scheme of the cave arrangement on a rock scan. *Semi-instrumental survey was performed by V.I. Yurin in 1995–1997*

Legend: 1–42 — karst cavities (caves, Grottos, overhangs): 4 — an overhang; 9, 13 — the through-going caves; 7 — V-shaped cave; 13 — "Through" cave named after A.D. Sysoev; 18 — "Dancing" Grotto; 23 — "Fireplace" cave (=Sikiyaz-Tamak 7); 28 — "Triangular" Grotto.

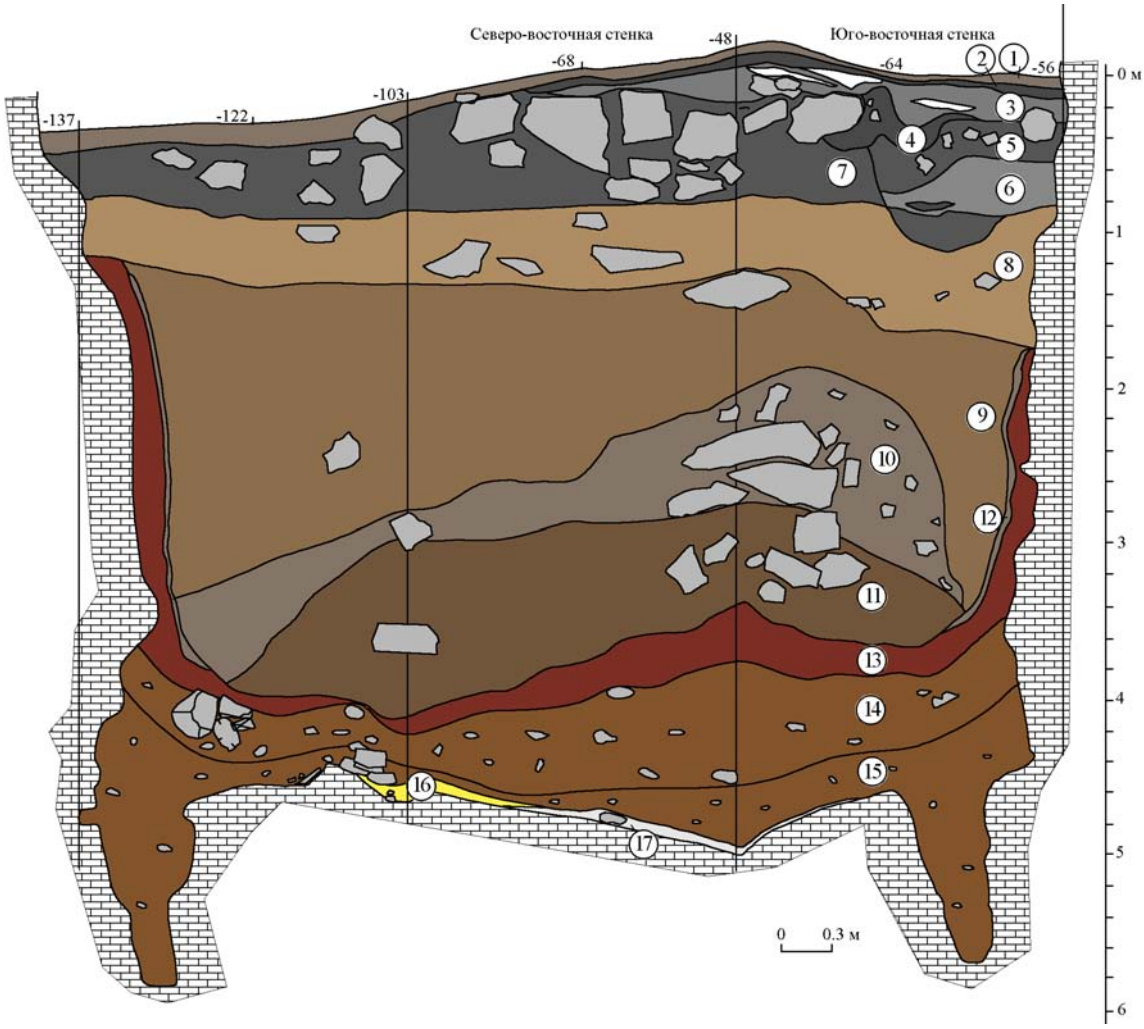


Рис. 4. Разрез отложений плейстоцена и голоцена пещеры Сикияз-Тамак 7. Развертка шурфа

Условные обозначения: цифры в кружке означают номера слоев.

Fig 4. Pleistocene and Holocene section of the Sikiyaz-Tamak 7 cave. Scanning of the excavation

Legend: the numbers in the circle indicate the numbers of the layers.

Описание рыхлых отложений

В 1996 г. на привходовой площадке пещеры был заложен шурф размером 2×2×3,9 м и в 1997 г. шурф был доведен до скального дна, до максимальной глубины 6,03 м. Всего выделено 17 слоев и обнаружено 7 культурных горизонтов (см. рис. 4). Описание отложений приведено ниже:

Голоцен

Шуваловский (= агидельский) горизонт

Верхний подгоризонт

1. Суглинок коричневато-серый гумусированный с остатками современных кострищ и раздробленными и обожженными костями животных ..... 0,03–0,16 м

2. Суглинок темно-серый с мелким щебнем известняка ..... 0,02–0,09 м

3. Суглинок серый с артефактами эпохи раннего железного века, с линзой суглинка красного цвета (2–10 см) и с линзой золы (2–6 см) ..... 0,03–0,24 м

4. Суглинок темно-серый с угольками и щебнем известняка ..... 0,05–0,29 м

Средний подгоризонт

5. Суглинок темно-серый с мелким и средним щебнем известняка, с угольками ..... 0,2–0,24 м

6. Суглинок светло-серый золистый с мелким щебнем в подошве слоя, с углистым прослоем ..... 0,08–0,37 м

Нижний (?) – средний подгоризонты

7. Суглинок темно-серого цвета со щебнем известняка ..... 0,23–0,71 м

Плейстоцен
Верхний неоплейстоцен
Осташковский (= кудашевский) горизонт

8. Суглинок желтовато-коричневого цвета со щебнем известняка, с костями млекопитающих и птиц ..... 0,38–0,78 м

Ленинградский (= табулдинский) горизонт

9. Суглинок желтовато-бурый с мелкой щебенкой и крупными обломками известняка, с костями животных ..... 0,38–1,4 м

10. Суглинок серовато-бурый с крупными и средними обломками известняка и костями животных ..... 0,2–1,0 м

11. Суглинок бурый с крупными и средними обломками известняка, отдельными мелкими угольками, костями животных (в т.ч. несколько горелых костей мелких грызунов) и с артефактами палеолита ..... 0,51–0,9 м

Черменинский (= кушнаренковский, верх) – калининский (= сайгатский) горизонты нерасчлененные

12. Суглинок серовато-бурый с крупными и средними обломками известняка ..... 0,2–1,0 м

13. Глина красновато-коричневая с прослойками глины желтой ..... 0,05–0,39 м

14. Глина желтовато-оранжевая с галькой и щебенкой известняка ..... 0,22–0,36 м

Микулинский? (= кушнаренковский, низ) горизонт

15. Глина желтовато-оранжевая с редкой галькой ..... 0,05–0,36 м

16. Глина ярко желтая плотная .... 0,03–0,12 м

17. Супесь светло-серая и белая ..... 0,02–0,08 м

Результаты палинологических исследований отложений верхнего плейстоцена и голоцена пещеры Сикияз-Тамак 7

Пробы для палинологических исследований были отобраны из рыхлых отложений шурфа с глубины 3,4–0 м. Практически все образцы (кроме СП 9 и 18) содержали репрезентативные палиноспектры. По полученным данным построена спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 5).

В красновато-коричневых глинах из нижней части разреза (сл. 13, гл. 3,4 м, СП 18) встречены лишь единичные зерна *Pinus* sp., *Artemisia* sp. и Polypodiaceae.

Выше в пробах серовато-бурых суглинков (сл. 12, инт. 3,0–3,2 м, СП 16–17) выделены спектры с доминированием пыльцы травянисто-кустарничковых растений (72,5–78,2%). В группе преобладают пыльцевые зерна разнотравья (30,3–31,6%), *Artemisia* sp. (26,8–34,2%), Chenopodiaceae (6,0–6,6%) и Poaceae (6,4–8,4%). Разнотравье представлено Asteraceae (типы Aster, Crepis, Cichorium) (14,6–15,4%), *Echinops ritro* (1,3–5,2%), *Thalictrum* sp. (1,7–3,8%), Apiaceae (1,7–6,4%), Caryophyllaceae, *Calystegia sepium*, Cyperaceae, *Polygonum bistorta*, *Polygonum* sp., *Valeriana* sp., *Knautia* sp. и Dipsacaceae (единично). В палиноспектрах встречены единичные зерна прибрежно-водных растений: *Potamogeton* sp. Среди древесно-кустарниковых растений (11,1–14,3%) выделена пыльца *Picea excelsa* (1,7–3,8%), *Betula* sp. (4,9–9,0%), *Pinus* sp., *Larix* sp., *Ephedra* sp. и *Alnus* sp. (единично). Группа споровых (4,9–6,4%) представлена преимущественно Polypodiaceae, единично идентифицированы зерна *Botrychium lunaria*.

В спорово-пыльцевых спектрах из бурых и серовато-бурых суглинков (сл. 10, 11, инт. 2,0–2,8 м, СП 11–15) преобладает пыльца трав и кустарничков (34,1–57,9%). Отмечена высокая доля пыльцевых зерен разнотравья (16,0–35,9%), *Artemisia* sp. (6,7–17,4%), Chenopodiaceae (2,3–12,3%), в т.ч. *Eurotia ceratoides* и Poaceae (0,8–4,8%). Разнообразие разнотравья по-прежнему велико: Asteraceae (типы Aster, Crepis) (6,3–20,5%), *Echinops ritro* (1,5–6,6%), Caryophyllaceae (0–4,4%), *Polygonum bistorta* (0–4,4%), *Thalictrum* sp., *Valeriana* sp., Brassicaceae, Cyperaceae, *Polygonum* sp., *Knautia* sp., Dipsacaceae, Plumbaginaceae, Rubiaceae, Cannabaceae и Rosaceae. Единично отмечена пыльца водных растений: *Typha* sp., *Alisma* sp. и *Potamogeton* sp.; обнаружены водоросли *Pediastrum* sp. Доля пыльцевых зерен древесно-кустарниковых растений увеличивается вдвое (22,4–37,5%). Группа представлена *Picea excelsa* и *P. obovata* (16,6–33,5%), *Pinus* sp. (1,5–5,3%), *Betula* sp. (0,8–3,1%), *Ephedra* sp., *Quercus robur* и *Alnus* sp. (единично). Содержание спор в спектрах варьирует в пределах 7,8–28,0%. Группа включает Polypodiaceae (7,1–25,8%), Ophyoglossaceae и *Botrychium lunaria* (единично).

В пробах из верхней части серовато-бурых суглинков и образцах желтовато-бурых суглинков (сл. 9, 10, инт. 1,2–1,8 м, СП 7–10) обнаружены спектры с преобладанием пыльцевых зерен древесно-кустарниковых растений (58,1–67,0%): *Picea excelsa* (25,7–32,4%), *Pinus* sect. Cembrae и Eupitys (27,9–29,5%), *Betula* sp. (0–4,5%), *Corylus* sp., *Ulmus*

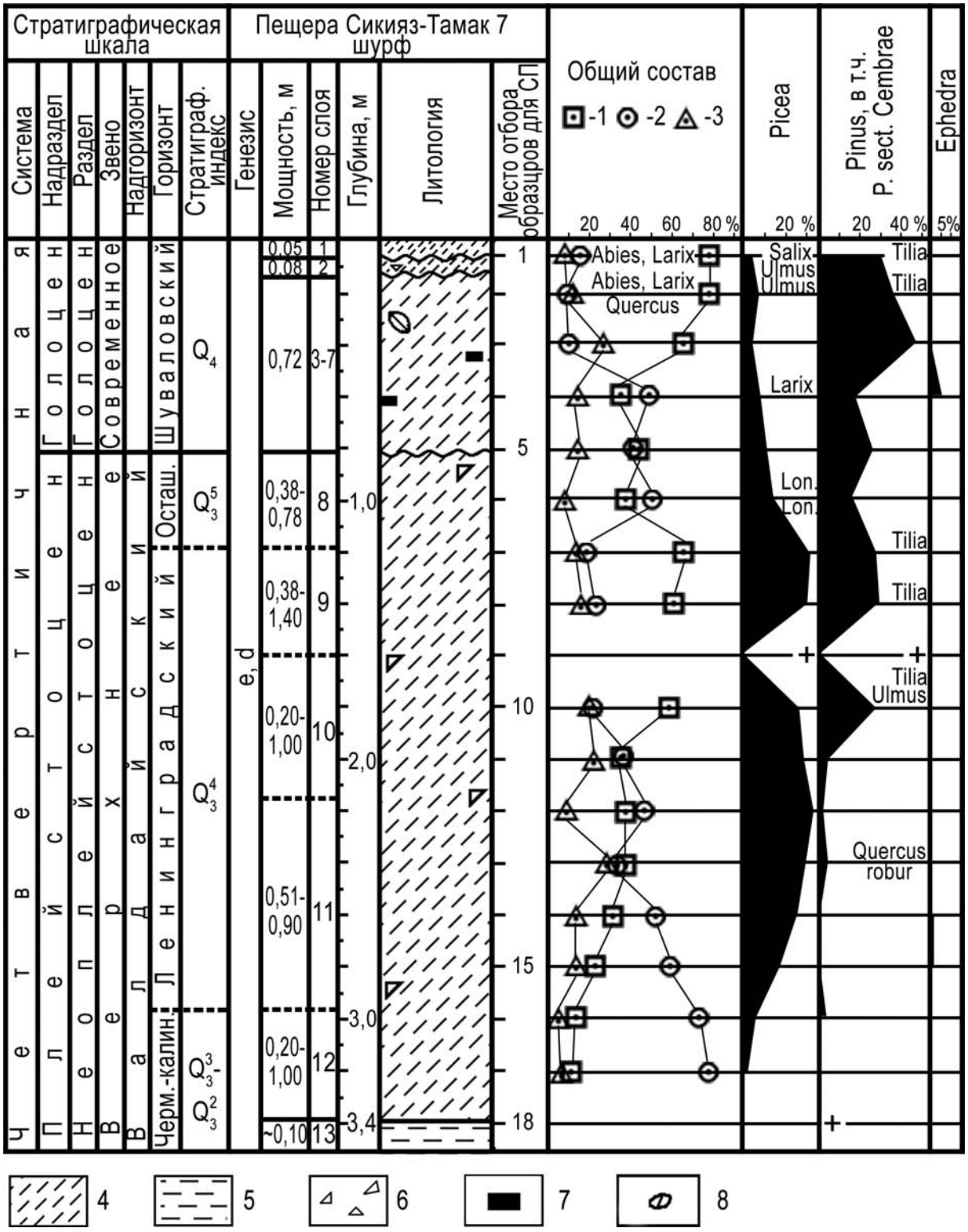
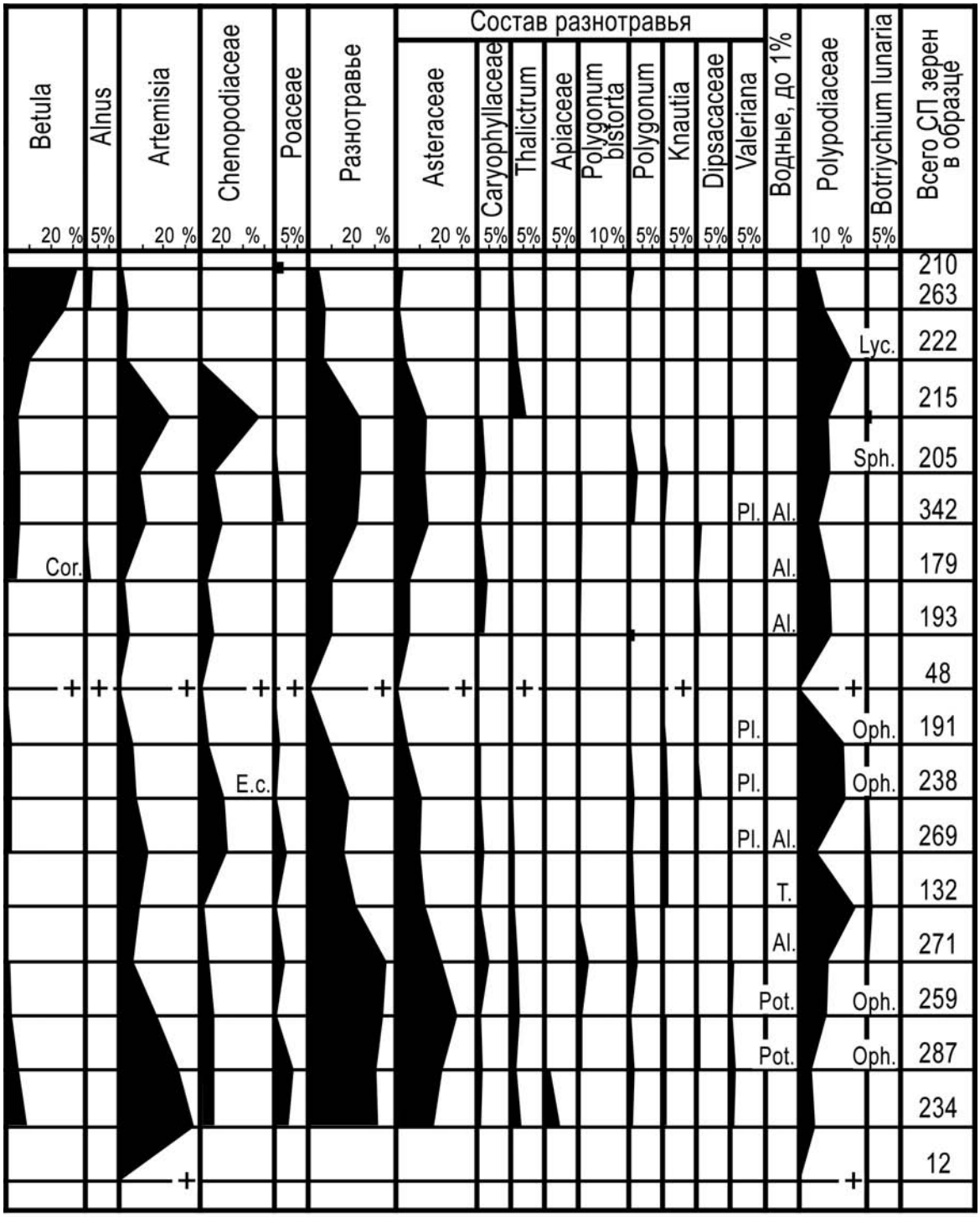


Рис. 5. Разрез верхненеоплейстоценовых и голоценовых отложений пещеры Сикияз-Тамак 7 и спорово-пыльцевая диаграмма

Условные обозначения: 1 — группа древесных и кустарниковых видов; 2 — группа травянистых и кустарничковых видов; 3 — группа споровых растений. Сокращенные названия растений: Abies — *Abies* sp., Larix — *Larix* sp., Quercus, Quercus robur — *Quercus robur*, Ulmus — *Ulmus* sp., Tilia — *Tilia cordata*, Cor. — *Corylus* sp., Salix — *Salix* sp., Lon. — *Lonicera* sp., E.c. — *Eurotia ceratoides*, Pl. — Plumbaginaceae, Al. — *Alisma* sp., T. — *Typha* sp., Pot. — *Potamogeton* sp., Lyc. — *Lycopodium* sp., Sphagnum — *Sphagnum* sp., Oph. — Ophyoglossaceae.



Литологические: 4 — супесь; 5 — суглинок; 6 — щебень; 7 — древесный уголь; 8 — растительный детрит. Горизонты: Осташ. — осташковский, Черм.-калин. — черменинский – калининский. **Генетические индексы**: e — элювиальный; d — делювиальный.

Fig. 5. Upper Neopleistocene and Holocene deposits of the Sikiyaz-Tamak 7 cave and the percentage diagrams for the main spore and pollen taxa

Legend: 1 — a group of trees and bushes; 2 — a group of grasses and semi-bushes; 3 — a group of sporophytes. Abbreviated plant names: Abies — *Abies* sp., Larix — *Larix* sp., Quercus, Quercus robur — *Quercus robur*, Ulmus — *Ulmus* sp., Tilia — *Tilia cordata*, Cor. — *Corylus* sp., Salix — *Salix* sp., Lon. — *Lonicera* sp., E.c. — *Eurotia ceratoides*, Pl. — Plumbaginaceae, Al. — *Alisma* sp., T. — *Typha* sp., Pot. — *Potamogeton* sp., Lyc. — *Lycopodium* sp., Sphagnum — *Sphagnum* sp., Oph. — Ophyoglossaceae. **Lithological legend**: 4 — sandy loam; 5 — loam; 6 — rock fragments; 7 — charcoal; 8 — plant detritus. Horizons: Осташ. — Ostashkovo, Черм.-калин. — Chermenino-Kalinin. **Genetic indices**: e — eluvial; d — deluvial.

sp., *Tilia* sp. и *Alnus* sp. (единично). Группа трав и кустарничков (18,4–22,8%) включает разнотравье (9,4–11,4%), Chenopodiaceae (4,2–6,7%), *Artemisia* sp. (2,2–5,8%) и Poaceae (единично). Разнотравье представлено Asteraceae (3,7–5,7%), в т. ч. типы Aster и *Echinops ritro*, Caryophyllaceae, *Thalictrum* sp., *Polygonum bistorta*, *Polygonum* sp., *Knautia* sp., Dipsacaceae, *Valeriana* sp., Plumbaginaceae, Rosaceae и Euphorbiaceae (единично). Среди водных растений отмечена пыльца *Alisma* sp. Встречены споры Polypodiaceae (13,4–19,9%) и Ophyoglossaceae (единично).

Выше в образцах желтовато-бурых (сл. 8, гл. 1,0 м, СП 6) и темно-серых суглинков (сл. 3–7, инт. 0,6–0,8 м, СП 4, 5) обнаружены спорово-пыльцевые спектры с высоким содержанием пыльцевых зерен травянисто-кустарничковых (40,5–59,3%) и древесно-кустарниковых растений (27,3–42,4%). Первая группа включает пыльцу разнотравья (18,9–22,5%), *Artemisia* sp. (8,8–17,8%), Chenopodiaceae (6,8–22,2%) и Poaceae (0,4–3,8%). Разнотравье представлено Asteraceae (7,6–9,8%), в т. ч. типы Aster и Crepis; *Echinops ritro* (2,9–5,6%), Caryophyllaceae (1,5–3,0%), *Thalictrum* sp. (0–5,5%), Apiaceae, *Valeriana* sp., *Polygonum bistorta*, *Polygonum* sp., *Knautia* sp., Dipsacaceae, Plumbaginaceae, Rosaceae и Brassicaceae (единично). Среди водных растений отмечена пыльца *Alisma* sp. Во второй группе выделены пыльцевые зерна *Pinus excelsa* (5,5–13,8%), *Pinus* sect. Cembrae и Eupitys, *P. silvestris* (13,5–25,9%), *Ephedra* sp. (0–3,0%), *Betula* sp. (4,4–6,4%), *Larix* sp., *Alnus* sp. и *Lonicera* sp. (единично). Встречены споры Polypodiaceae (8,8–13,6%), *Botrichium lunaria* и *Sphagnum* sp. (единично).

В палиноспектрах образцов из верхней части серых суглинков (сл. 3–7, инт. 0,2–0,4 м, СП 2–3), темно-серых суглинков и коричневато-серых гумусированных суглинков (сл. 1, 2, гл. 0,05 м, СП 1) доминирует пыльца деревьев и кустарников (64,4–78,1%): *Pinus* sect. Cembrae и Eupitys, *P. silvestris* (30,0–48,1%), *Betula* sp. (10,8–32,4%), *Picea excelsa* (3,6–7,6%), *Alnus* sp., *Abies* sp., *Larix* sp., *Ephedra* sp., *Salix* sp., *Tilia cordata*, *Ulmus* sp. и *Quercus robur* (единично). Доля трав и кустарничков уменьшается до 10,4–15,2%: разнотравье (4,4–7,2%), *Artemisia* sp. (1,9–3,8%), Poaceae (0–4,8%) и Chenopodiaceae (единично). Среди разнотравья отмечены зерна Asteraceae (1,6–3,6%), Caryophyllaceae, *Thalictrum* sp., *Polygonum* sp., Apiaceae, *Polygonum bistorta*, *Calystegia sepium*, Cyperaceae, Rosaceae, *Ranunculus* sp. и *Fagopyrum* sp. (единично). Присутствуют споры Polypodiaceae (6,7–24,3%) и *Lycopodium* sp. (единично).

Результаты малакологических исследований отложений верхнего плейстоцена и голоцена пещеры Сикияз-Тамак 7

Раковины моллюсков из пещеры были собраны Р.М. Сатаевым в 1998 г. Образцы отобраны из отложений в квадратах 2, 4 и 10 на глубине от 0 до 0,6 м (табл. 1). Фауна моллюсков встречается в основном в виде фрагментов, неполных раковин или ювенильных (молодых) форм. Все раковины принадлежат одному классу Gastropoda, трем родам *Fruticicola*, *Euomphalia*, *Chondrula* и трем семействам Enidae, Bradybaenidae, Hygromiidae. Всего рассмотрены 15 раковин наземных моллюсков трех видов *Chondrula tridens*, *Fruticicola fruticum* и *Euomphalia strigella*.

В сборах количественно преобладают раковины *Fruticicola fruticum* и обломки *Fruticicola* sp. плохой сохранности, раковины *Euomphalia strigella* и *Chondrula tridens* встречаются реже.

Таблица 1

Состав видов моллюсков из верхнеголоценовых отложений местонахождения Сикияз-Тамак 7

Table 1

Molluscs species composition from Upper Holocene deposits of the Sikiyaz-Tamak 7 site

Виды	кв. 2	кв. 2	кв. ?	кв. 4	кв. 10	кв. 10
	0–0,2 м	0,4–0,6 м	0,4–0,6 м	0,1–0,2 м	0–0,1 м	0,1–0,2 м
Fruticicola fruticum (Müller, 1774)		1	1		1 juv.	1
Fruticicola sp.	1 обл.			2 обл.		
Euomphalia strigella (Draparnaud, 1801)		3				
Chondrula tridens (Müller, 1774)	2		1+2 обл.			

Результаты териологических исследований отложений верхнего плейстоцена и голоцена пещеры Сикияз-Тамак 7

Анализ видового состава и результатов абсолютного и относительного датирования позволил выделить два основных фаунистических комплекса: голоценовый и верхнепалеолитический. Голоценовый териокомплекс происходит из слоев 1–6. Для этого комплекса характерно отсутствие вымерших видов, наличие остатков белки, косули, домашних форм и относительная многочисленность хомяка обыкновенного (табл. 2). Комплекс из отложений пещеры преимущественно датируется поздним голоценом (субатлантический период). К голоценовому комплексу, вероятно, относится фауна из слоя 7, который на основе стратиграфии датирован ранним – средним голоценом (пребореальный – бореальный – атлантический? периоды). В составе фауны этого времени сохранялись еще реликтовые виды верхнепалеолитического комплекса — песец и первобытный бизон (табл. 2). Верхнепалеолитический комплекс представлен двумя хронологическими вариантами. Поздний вариант происходит из слоя 8, датируется второй половиной осташковского времени (МИС 2) и характеризует позднюю стадию верхнепалеолитического комплекса, для которой характерно отсутствие пещерного медведя и пещерной гиены [Kosintsev, Bachura, 2013]. В составе фауны этого времени многочисленны заяц беляк, сурок степной, песец, северный олень и лошадь (табл. 2). Более раннюю стадию верхнепалеолитического комплекса характеризуют фауны из слоев 9–14. Они датируются первой половиной позднего неоплейстоцена (первая половина МИС 3 – МИС 5a–d). Для фаун этого времени характерно наличие в составе пещерного медведя, пещерной гиены и архара [Kosintsev, Bachura, 2013]. Различия в составе фаун из слоев 9–14 связаны с различием объемов выборок. Во всех слоях многочисленны заяц-беляк и сурок степной, из хищников — песец и пещерный медведь, из копытных — северный олень и лошадь (табл. 2). Фауна из слоя 11 отличается большим

Таблица 2

Таксономический состав костных остатков из верхнеплейстоценовых и голоценовых отложений местонахождения Сикияз-Тамак 7

Table 2

Taxonomical composition of the bone remains from Upper Pleistocene and Holocene deposits of the Sikiyaz-Tamak 7 site

Стратиграфический интервал / Таксоны	Голоцен			Верхний неоплейстоцен					
	Верхний	Средний	Нижний – средний	Осташковский горизонт	Ленинградский горизонт			Черменинский – калининский горизонты	
	слои 1–4	слои 5–6	слой 7	слой 8	слой 9	слой 10	слой 11	слой 13	слой 14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пищуха	–	–	–	–	12	49	262	31	16
Заяц-беляк	10*	19	1	102	165	31	76	20	19
Белка	2	2	–	–	–	–	–	–	–
Сурок	–	–	–	39	186	13	46	12	14
Суслик большой	–	4	–	3	1	1	19	–	–
Бобр	–	2	–	–	–	–	–	–	–
Хомяк	9	15	1	–	–	–	–	–	–
Волк	–	–	–	–	10	3	12	–	3
Лисица	–	1	–	–	13	–	5	–	1
Песец	–	–	2	12	44	12	16	2	5
Корсак	–	1	–	2	3	3	1	–	–
Медведь пещерный	–	–	–	–	11	26	45	4	30
Куница	–	–	–	1	–	–	2	–	–

Окончание таблицы 2

End of table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ласка	–	–	–	–	–	5	16	4	1
Горностай	–	–	–	1	–	2	6	1	3
Хорь степной	–	–	–	–	–	–	1	–	–
Выдра	–	1	–	–	–	–	–	–	–
Лев пещерный	–	–	–	–	1	–	1	–	–
Гиена пещерная	–	–	–	–	1	–	1	–	–
Мамонт	–	–	–	–	–	–	2	–	–
Носорог шерстистый	–	–	–	2	3	–	2	–	1
Лошадь дикая	–	–	–	–	49	2	15	3	2
Олень благородный	–	–	–	2	5	–	4	1	4
Олень гигантский	–	–	–	–	–	–	–	–	3
Косуля	18	25	3	–	–	–	–	–	–
Лось	1	–	–	–	–	–	–	–	–
Олень северный	–	1	–	18	97	6	25	6	11
Бизон	–	–	1	5	12	2	7	2	2
Сайга	–	–	–	5	9	2	6	1	–
Архар	–	–	–	–	–	–	1	–	–
Лошадь домашняя	12	6	–	–	–	–	–	–	–
Овца	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Млекопитающие неопределимые	214	273	26	625	1489	746	5456	425	2436
Птицы	50	57	9	16	44	54	171	28	35
Амфибии	–	–	–	–	–	–	3	–	1
Рыбы	1	4	–	–	3	1	25	3	3

Примечание: * — количество идентифицированных костей.

количеством остатков пищухи (определена по всем элементам скелета), но в остальном она схожа с фаунами из соседних слоев. Это пока не имеет объяснения. В целом экологическая структура фаун из слоя 8 и из остальных слоев не различается.

Датирование

Отложения датированы абсолютным (радиоуглеродным) и относительным (археологическим и палеотериологическим) методами.

В слоях 15–17 отсутствуют палеонтологические данные, но, судя по находкам в вышележащих слоях, эти отложения можно сопоставить с началом неоплейстоцена (микулинское время, МИС 5е).

По костям из слоев 9 и 11 получены запредельные радиоуглеродные даты. В слое 11 и верхней части слоя 13 найдены каменные изделия эпохи среднего палеолита. В слоях 9 и 10 найдены изделия из камня, связанные с эпохой верхнего палеолита. По палинологическим данным спектры из слоев 9–11 сходны. По териологическим данным предположительно слои 9–14 имеют возраст моложе микулинского времени (МИС 5е), т.к. в составе фауны Южного Урала в микулинское время было характерно наличие белки обыкновенной, сони лесной, малайского дикообраза [Гимранов, Косинцев, 2017; Kuzmin et al., 2017; Фадеева и др., в печати]. Эти виды отсутствуют в фауне из слоев 9–14 (табл. 3), поэтому фауну можно сопоставить с черменинским (МИС 5a–d) – ленинградским (МИС 3) временем. Учитывая все данные, можно предположить, что слои 9 и 11 сформировались в ленинградское (табулдинское) время, а слои 14–12 — в черменинское (кушнаренковское, вторая половина) и калининское (сайгатское).

В слое 8 найдены изделия из камня, связанные с эпохой верхнего палеолита, и получены три конечные радиоуглеродные даты, которые показывают, что слой сформировался во второй половине осташковского (кудашевского) времени (МИС 2).

Таблица 3

Радиоуглеродные даты из плейстоценовых отложений пещерного комплекса Сикияз-Тамак

Table 3

Radiocarbon data from the Pleistocene deposits of the Sikiyaz-Tamak cave complex

Местонахождение	Слой, глубина, м	Вид	Возраст, тыс. лет (некалиброванные)	Номер образца
Сикияз-Тамак 7	Сл. 11 (верх), –2,94 м	Мамонт	более 57300	OxA-10916
Сикияз-Тамак 7	Слой 9 (верх), –1,50...–1,60 м	Пещерная гиена	более 47600	OxA-10889
Сикияз-Тамак 7	Слой 8 (низ)	Носорог шерстистый	15370±80	OxA-11069
Сикияз-Тамак 7	Слой 8 (верх), –1,14 м	Благородный олень	10775±75	OxA-10704
Сикияз-Тамак 7	?	Гигантский олень	10355±45	OxA-12099
Сикияз-Тамак 1	Поверхность	Благородный олень	39370±220	GdA-4596
Сикияз-Тамак 9	Поверхность	Благородный олень	12135±60	OxA-22171

В слое 7 найдены реликтовые виды как верхнепалеолитического комплекса — песец и первобытный бизон, так и фрагменты керамических сосудов и изделия из камня эпохи бронзы, а нижняя граница слоя определена — он лежит на слое 8, верх которого датирован самым концом позднего плейстоцена – поздним дриасом. Слой 7, вероятно, сформировался в раннем – начале среднего голоцена (пребореальный – бореальный – атлантический периоды) (табл. 3).

Слои 6–1 датированы по археологическим материалам. Все они содержат артефакты голоценовых археологических культур и сопоставлены, соответственно, с голоценом (МИС 1). Слои 6–5 содержат артефакты эпохи бронзы, что позволяет датировать их второй половиной среднего голоцена (суббореальный период). Слои 4–1 содержат артефакты раннего железного века, они датированы поздним голоценом (субатлантический период).

Выводы

В результате корреляции с подобными разрезами пещерных отложений Южного Урала [Yakovlev et al., 2006, 2013; Danukalova, Yakovlev, 2006; Danukalova et al., 2008, 2011] и на основании фаунистического и геохронологического датирования рыхлые отложения пещеры Сикияз-Тамак 7 сопоставлены с горизонтами общей шкалы квартера России и с горизонтами региональной стратиграфической шкалы Южного Предуралья следующим образом: слои 17–15 — микулинский? (низы кушнаренковского) горизонт (МИС 5e?); слои 14–12 — черменинский (верхи кушнаренковского) — калининский (= сайгатский) горизонты нерасчлененные (МИС 5a–d–4); слои 9–11 — ленинградский (табулдинский) горизонт (МИС 3); слой 8 — осташковский (кудашевский) горизонт (МИС 2); слои 7–1 — шуваловский (агидельский) горизонт (МИС 1): слой 7 — нижний – средний нерасчлененные подгоризонты, слои 6–5 — средний подгоризонт, слои 4–1 — верхний подгоризонт.

Результаты комплексных биостратиграфических исследований, дополненные радиоуглеродными датами, позволяют реконструировать в позднем неоплейстоцене и голоцене на территории вокруг пещерного комплекса Сикияз-Тамак следующие палеообстановки.

Поздний неоплейстоцен. В черменинско-калининское время (СП 16–18) доминировали открытые пространства, занятые полынно-маревыми и злаково-разнотравными ассоциациями с эфедрой. Небольшие по площади леса состояли из ели, сосны и березы. Берега рек и озер занимали ольха и рдест. Климат был прохладным.

В ленинградское время (СП 7–15) произошло увеличение площадей еловых и елово-сосновых лесов с примесью широколиственных (липа, дуб и вяз) и мелколиственных (береза и ольха) пород. По опушкам разрастались папоротники. Открытые пространства занимали полынно-маревые и злаково-разнотравные растительные сообщества. По берегам встречались частуха, рдест и рогоз. В это время растительный покров был очень близок к современному, климат был умеренно-теплым и более влажным в летние месяцы, чем ныне [Яхимович и др., 1970].

В конце плейстоцена во время последнего ледниковья, осташковское время (СП 6), были рас-

пространены лесостепные ландшафты. Открытых пространств, занятых разнотравьем с примесью маревых, полыней и злаков, стало больше. Площади еловых лесов начали сокращаться, возросла роль сосны. Под пологом смешанных лесов росли папоротники и мхи. В целом отмечено ухудшение условий произрастания растительности, что связано с общим похолоданием климата.

Во всех фаунах позднего неоплейстоцена преобладают виды открытых ландшафтов — пищуха степная, сурок степной, суслик большой, песец, корсак, медведь пещерный, хорь степной, лев пещерный, гиена пещерная, лошадь, олень северный, бизон первобытный, сайга, архар и интразональные виды — волк, лисица, ласка, горностай. Виды, связанные с древесно-кустарниковой растительностью, немногочисленны: заяц-беляк, куница, мамонт, шерстистый носорог, олень благородный, олень гигантский. Одинаковый экологический состав фаун указывает на сходные природные условия во время формирования вмещающих их слоев. В эти периоды плейстоцена в районе пещеры доминировали открытые, остепненные ландшафты с древесно-кустарниковой растительностью в долинах реки и межгорных впадинах.

Голоцен. В раннем голоцене (пребореал, бореал) (СП 4, 5) продолжали существовать лесостепные ландшафты в условиях прохладного климата. Позже, в среднем и позднем голоцене (суббореал, субатлантик) (СП 1–3), вследствие постепенного потепления стали доминировать сосновые и березовые леса с примесью елей, пихты, лиственницы, вяза, липы, дуба, ольхи и ивы. Роль травянистой растительности резко сократилась, в этот период она была представлена преимущественно видами разнотравья и полынями. Выявленная динамика голоценовой растительности согласуется с палинологическими данными В.К. Немковой [1976], которые характеризуют увеличение лесных массивов с березой и сосной на территории Предуралья в позднеголоценовый период и преобладание сосновых лесов в раннем голоцене.

В состав предположительно ранне-среднеголоценовой фауны из слоя 7 входят песец и первобытный бизон. Это показывает, что в раннем и начале среднего голоцена в регионе еще сохранялись значительные открытые пространства. В голоценовой фауне, в обеих выборках, найдены остатки белки, что свидетельствует о развитии в конце среднего – позднем голоцене в районе пещеры лесных массивов, образованных преимущественно хвойными породами.

Экологическая приуроченность видов моллюсков свидетельствует, что в позднем голоцене склон, где расположена пещера, скорее всего, был покрыт смешанным лесом, кустарниками и густой травянистой растительностью, где сохранялась повышенная влажность, но в тоже время склон достаточно хорошо прогревался, и на нем встречались остепненные участки.

Работа выполнена в рамках государственных бюджетных тем № 0252-2014-0006, № 0252-2016-0006 (лабораторные исследования) и частично в рамках государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров и в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН. При определении ископаемых останков использовались эталонные коллекции Музея ИЭРЖ УрО РАН.

Литература:

Алимбекова Л.И., Данукалова Г.А. Спорово-пыльцевая характеристика верхнеплейстоценовых отложений пещеры «Сикияз-Тамак 7» // Ежегодник–1997 / УНЦ РАН. – Уфа, 1999. – С. 53–57.

Гимранов Д.О., Косинцев П.А. Первая находка дикобраза (Hystrix sp.) и кабана (Sus scrofa) в позднем плейстоцене Южного Урала // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : Матер. X Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода, 25–29 сент. 2017 г., Москва. – М.: ГЕОС, 2017. – С. 89–90.

Лихарев И.М., Раммельмейер Е.С. Наземные моллюски фауны СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 512 с. (Определители по фауне СССР, издаваемые зоологическим институтом АН СССР; Т. 43.).

Немкова В.К. История растительности Предуралья за поздне- и послеледниковое время // Актуальные вопросы современной геохронологии. – М.: Наука, 1976. – С. 259–275.

Фадеева Т.В., Косинцев П.А., Гимранов Д.О., Яковлев А.Г., Гасилин В.В., Пластеева Н.А., Смирнов Н.Г. Находка обыкновенной белки (Rodentia, Sciuridae, *Sciurus vulgaris* linnaeus,1758) и лесной сони (Rodentia, Gliridae, *Dryomys nitedula* linnaeus,1778) в плейстоцене Ю. Урала (в печати).

Юрин В.И. Археологическое обследование пещер Челябинской области в 1995 году // XIII Уральское археологическое совещание: Тез. докл.– Уфа, 1996. – Ч. 1. – С. 39–40.

Юрин В.И. Разведки в пещерах Южного Урала // Археологические открытия 1996 г. – М., 1997. – С. 289–290.

Юрин В.И. Изучение подземных полостей Южного Урала в последние годы (результаты, выводы, проблемы) // Экология древних и современных обществ: Тез. докл. конференции, посвящ. 275-летию РАН. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 1999. – С. 24–28.

Юрин В.И. Сикияз-Тамакский пещерный комплекс: шесть лет исследований // XV Уральское археологическое совещание: Тез. докл. международ. науч. конф. – Оренбург, 2001. – С. 34–36.

Юрин В.И. Сикияз-Тамакский пещерный комплекс: перспективы и проблемы изучения, использования, охраны // Природное и культурное наследие Урала: Матер. 1 регион. научн. конф. – Челябинск, 2003. – С. 48–50.

Юрин В.И. Пещерные комплексы Южного Урала // Природное и культурное наследие Урала: Матер. 4 регион. науч.-практ. конф. – Челябинск, 2006. – С. 116–121.

Юрин В.И. Пещерные «города» Южного Урала — готовые музеи под открытым небом // Вторая Югорская полевая музейная биеннале: Сборник докл. и сообщ. науч.-практ. конф. «Роль полевых исследований в сохранении исторического и культурного наследия Югры». – Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008а. – С. 311–322.

Юрин В.И. Сикияз-Тамакский пещерный комплекс // Челябинская область: Энциклопедия / *Гл. ред. К.Н. Бочкарёв*. – Челябинск: Каменный пояс, 2008б. – Т. 6. – С. 26–27.

Юрин В.И. Сикияз-Тамакский пещерный комплекс // Саткинский район: Энциклопедия / *Гл. ред. В.В. Большаков*. – Челябинск, 2010. – С. 694–695.

Яхимович В.Л., Немкова В.К., Вербицкая Н.П., Сухов В.П., Попов Г.И. Этапы геологического развития Башкирского Предуралья в кайнозое. – М.: Наука, 1970. – 125 с. [Кайнозой Башкирского Предуралья; Т. 2. Ч. 3.].

Danukalova G., Yakovlev A. A. Review of biostratigraphical investigations of palaeolithic localities in the Southern Urals region // Quaternary International. – 2006. – 149 (1). – P. 37–43.

Danukalova G., Yakovlev A., Alimbekova L., Yakovleva T., Morozova (Osipova) E., Eremeev A., Kosintsev P. Biostratigraphy of the Upper Pleistocene (Upper Neopleistocene) – Holocene deposits of the Lemeza River valley of the Southern Urals region (Russia) // Quaternary International. – 2008. – 190 (1). – P. 38–57.

Danukalova G., Yakovlev A., Osipova E., Yakovleva T., Kosintsev P. Biostratigraphy of the Late Upper Pleistocene (Upper Neopleistocene) to Holocene deposits of the Belaya river valley (Southern Urals, Russia) // Quaternary International. – 2011. – 231. – P. 28–43.

Kerney M.P., Cameron R.A.D. Guide des Escargots et limaces d'Europe. – Delachaux et Niestle S.A. 3, Lausanne, 1999. – 70 p.

Kosintsev P.A., Bachura O.P. Late Pleistocene and Holocene mammal fauna of the Southern Urals // Quaternary International. – 2013. – V. 284. – P. 161–170.

Kuzmin Y.V., Kosintsev P.A., Vasiliev S.K., Fadeeva T.V., Hodgins G.W.L. The northernmost and latest occurrence of the fossil porcupine (Hystrix brachyura vinogradovi Argyropulo, 1941) in the Altai Mountains in the Late Pleistocene (ca. 32,000–41,000 cal BP) // Quaternary Science Reviews. – 2017. – V. 161. – P. 117–122.

Sysoev A., Shileyko A. Land Snails and Slugs of Russia and Adjacent Countries. – Sofia; Moscow: Pensoft Publishers, 2009. – 312 p.

Yakovlev A., Danukalova G., Kosintcev P., Alimbekova L., Morozova E. Biostratigraphy of the Late Palaeolithic site of "Bajslan-Tash cave" (the Southern Urals) // Quaternary International. – 2006. – V. 149 (1). – P. 115–121.

Yakovlev A., Danukalova G., Osipova E. Biostratigraphy of the Upper Pleistocene (Upper Neopleistocene) of the Southern Urals // Quaternary International. – 2013. – V. 292. – P. 150–167.

References:

Alimbekova L.I., Danukalova G.A. Sporovo-pyl'tsevaya kharakteristika verkhnepleystotsenovykh otlozheniy peshchery «Sikiyaz-Tamak 7» [Spore and pollen characteristics of the Upper Pleistocene deposits of the Sikiyaz-Tamak 7 Cave] // Yezhegodnik–1997 / UNTs RAN [Yearbook–1997 / URC RAS]. Ufa, 1999. P. 53–57 (in Russian).

Danukalova G., Yakovlev A. A review of biostratigraphical investigations of palaeolithic localities in the Southern Urals region // Quaternary International. 2006. 149 (1). P. 37–43.

Danukalova G., Yakovlev A., Alimbekova L., Yakovleva T., Morozova (Osipova) E., Eremeev A., Kosintsev P. Biostratigraphy of the Upper Pleistocene (Upper Neopleistocene) – Holocene deposits of the Lemeza River valley of the Southern Urals region (Russia) // Quaternary International. 2008. 190 (1). P. 38–57.

Danukalova G., Yakovlev A., Osipova E., Yakovleva T., Kosintsev P. Biostratigraphy of the Late Upper Pleistocene (Upper Neopleistocene) to Holocene deposits of the Belaya river valley (Southern Urals, Russia) // Quaternary International. 2011. 231. P. 28–43.

Fadeyeva T.V., Kosintsev P.A., Gimranov D.O., Yakovlev A.G., Gasilin V.V., Plasteyeva N.A., Smirnov N.G. Nakhodka obyknovennoy belki (Rodentia, Sciuridae, Sciurus vulgaris Linnaeus,1758) i lesnoy soni (Rodentia, Gliridae, Dryomys nitedula Linnaeus,1778) v pleystotsene Yuzhnogo Urala [The finding of the squirrel (Rodentia, Sciuridae, Sciurus vulgaris Linnaeus, 1758) and forest dormouse (Rodentia, Gliridae, Dryomys nitedula Linnaeus, 1778) in the Pleistocene of the Southern Urals]. (in press) (in Russian).

Gimranov D.O., Kosintsev P.A. Pervaya nakhodka dikobraza (Hystrix sp.) i kabana (Sus scrofa) v pozdnem pleystotsene Yuzhnogo Urala [The first discovery of the porcupine (Hystrix sp.) and wild boar (Sus scrofa) in the Late Pleistocene of the Southern Urals] // Fundamental'nyye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issle-dovaniy: materialy X Vseros. soveshch. po izucheniyu chetvertich. perioda, 25–29 sent. 2017, Moskva [Fundamental problems of the Quaternary: the results of the study and the main directions of further research: materials X All-Russian conference on the study of Quaternary period, Sept. 25–29 2017, Moscow]. Moscow: GEOS Press, 2017. P. 89–90 (in Russian).

Kerney M.P., Cameron R.A.D. Guide des Escargots et limaces d'Europe. Delachaux et Niestle S.A. 3, Lausanne, 1999. 70 p.

Kosintsev P.A., Bachura O.P. Late Pleistocene and Holocene mammal fauna of the Southern Urals // Quaternary International. 2013. V. 284. P. 161–170.

Kuzmin Y.V., Kosintsev P.A., Vasiliev S.K., Fadeeva T.V., Hodgins G.W.L. The northernmost and latest occurrence of the fossil porcupine (Hystrix brachyura vinogradovi Argyropulo, 1941) in the Altai Mountains in the Late Pleistocene (ca. 32,000–41,000 cal BP) // Quaternary Science Reviews. 2017. V. 161. P. 117–122.

Likharev I.M., Rammel'meyyer Ye.S. Nazemnyye mollyuski fauny SSSR [Land Molluscs of the Fauna of the USSR]. Moscow, Leningrad: Academy of Sciences of USSR Press, 1952. 512 p. (Opredeliteli po faune SSSR, izdavayemyye zoologicheskim institutom AN SSSR; T. 43 [Transactions of the Zoological Institute USSR; v. 43]) (in Russian).

Nemkova V.K. Istoriya rastitelnosti Preduralya za pozdnei poslelednikovoe vremya [History of the Fore-Urals vegetation in late and postglacial] // Aktualnye voprosy sovremennoi geochronologii [Topical questions of modern geochronology]. Moscow: Nauka Press, 1976. P. 259–276 (in Russian).

Sysoev A., Shileyko A. Land Snails and Slugs of Russia and Adjacent Countries. Sofia; Moscow: Pensoft Publishers, 2009. 312 p.

Yakhimovich V.L., Nemkova V.K., Verbitskaya N.P., Sukhov V.P., Popov G.I. Etapy geologicheskogo razvitiya Bashkirskogo Predural'ya v kaynozoye [Stages of the geological development of the Bashkir Fore-Urals during Cenozoic]. Moscow: Nauka Press, 1970. 125 p. (Kaynozoy Bashkirskogo Predural'ya, T. 2. Ch. 3 [Cenozoic of the Bashkir Fore-Urals, v. 2, Part 3]) (in Russian).

Yakovlev A., Danukalova G., Kosintcev P., Alimbekova L., Morozova E. Biostratigraphy of the Late Palaeolithic site of "Bajslan-Tash cave" (the Southern Urals) // Quaternary International. 2006. V. 149 (1). P. 115–121.

Yakovlev A., Danukalova G., Osipova E. Biostratigraphy of the Upper Pleistocene (Upper Neopleistocene) of the Southern Urals // Quaternary International. 2013. V. 292. P. 150–167.

Yurin V.I. Arkheologicheskoye obsledovaniye peshcher Chelyabinskoy oblasti v 1995 godu [Archaeological survey of caves in the Chelyabinsk region in 1995] // XIII Ural'skoye arkheologicheskoye soveshchaniye: tezisy dokladov. Ch. 1 [XIII Urals archaeological meeting: abstracts. Part I]. Ufa: Vostochnyy universitet Press, 1996. P. 39–40 (in Russian).

Yurin V.I. Razvedki v peshcherakh Yuzhnogo Urala [Exploration in the caves of the Southern Urals] // Arkheologicheskiye otkrytiya 1996 goda [Archaeological discoveries of 1996]. Moscow, 1997. P. 289–290 (in Russian).

Yurin V.I. Izucheniye podzemnykh polostey Yuzhnogo Urala v posledniye gody (rezul'taty, vyvody, problemy) [Study of underground cavities of the Southern Urals in recent years (results, conclusions, problems)] // Ekologiya drevnikh i sovremennykh obshchestv: tezisy dokladov konferentsii, posvyashchennoy 275-letiyu RAN [Ecologic of ancient and modern societies: abstracts of the conference dedicated to the 275th anniversary of the Russian Academy of Sciences]. Tyumen: IPOS SO RAN Press, 1999. P. 24–28 (in Russian).

Yurin V.I. Sikiyaz-Tamakskiy peshchernyy kompleks: shest' let issledovaniy [Sikiyaz-Tamak cave complex: six years of research] // XV Ural'skoye arkheologicheskoye sove-shchaniye: tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [Ural archaeological meeting: abstracts of the international scientific conference]. Orenburg, 2001. P. 34–36 (in Russian).

Yurin V.I. Sikiyaz-Tamakskiy peshchernyy kompleks: perspektivy i problemy izucheniya, ispol'zovaniya, okhrany [Sikiyaz-Tamak Cave Complex: Prospects and Problems of Study, Use, Protection] // Prirodnoye i kul'turnoye naslediye Urala: materialy 1 reg. nauchn. konf. [The Natural and Cultural Heritage of the Urals: Materials of I regional scientific Conference]. Chelyabinsk, 2003. P. 48–50 (in Russian).

Yurin V.I. Peshchernyye kompleksy Yuzhnogo Urala [Cave complexes of the Southern Urals] // Prirodnoye i kul'turnoye naslediye Urala: materialy 4 region. nauch.-prakt. konf. [Natural and cultural heritage of the Urals: materials of 4 regional scientific practical Conference]. Chelyabinsk, 2006. P. 116–121 (In Russian).

Yurin V.I. Peshchernyye "goroda" Yuzhnogo Urala – gotovyye muzei pod otkrytym nebom [Cave "cities" of the South Urals – ready museums in the open air] // Vtoraya Yugorskaya polevaya muzeynaya biyennale: sbornik dokladov i soobshcheniy nauch.-prakt. konf. "Rol' polevykh issledovaniy v sokhranenii istoricheskogo i kul'turnogo naslediya Yugry" [Second Yugorsk Field Museum Biennale: a collection of reports of scientific practical Conference "The role of field research in the preservation of the historical and cultural heritage of Ugra"]. Khanty-Mansiysk: Poligrafist Press, 2008a. P. 311–322 (in Russian).

Yurin V.I. Sikiyaz-Tamakskiy peshchernyy kompleks [Sikiyaz-Tamak Cave Complex] // Chelyabinskaya oblast': entsiklopediya [Chelyabinsk Region: Encyclopedia] / K.N. Bochkarov (Chief-Editor). Chelyabinsk: Kamennyy poyas Press, 2008b. V. 6. P. 26–27 (in Russian).

Yurin V.I. Sikiyaz-Tamakskiy peshchernyy kompleks [Sikiyaz-Tamak cave complex] // Satkinskiy rayon: entsiklopediya [Satkinsky region: Encyclopedia] / V.V. Bol'shakov (Chief-Editor). Chelyabinsk, 2010. P. 694–695 (in Russian).

Сведения об авторах:

Данукалова Гузель Анваровна, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (ФГАОУ ВО КФУ), г. Казань. E-mail: danukalova@ufaras.ru

Юрин Владимир Иванович, Муниципальное бюджетное учреждение культуры «Центр историко-культурного наследия г. Челябинска», АНО Южно-Уральский центр комплексного изучения пещер «Следопыт», г. Челябинск. E-mail: v_yurin@mail.ru

Косинцев Павел Андреевич, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии растений и животных УрО РАН (ИЭРиЖ УрО РАН), г. Екатеринбург. E-mail: kpa@ipae.uran.ru

Осипова Евгения Михайловна, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). г. Уфа; E-mail: myrte@mail.ru
Курманов Равиль Гадельевич, канд. биол. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). г. Уфа; E-mail: ravil_kurmanov@mail.ru

About the autors:

Danukalova Guzel Anvarovna, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa; Kazan Federal University (KFU), Kazan. E-mail: danukalova@ufaras.ru
Yurin Vladimir Ivanovich, Center for Historical and Cultural Heritage of Chelyabinsk, South Ural Center for the Caves Complex Study «Sledopyt», Chelyabinsk. E-mail: v_yurin@mail.ru
Kosintsev Pavel Andreevich, candidate of biological sciences, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences (IPAE UB RAS), Ekaterinburg. E-mail: kpa@ipae.uran.ru
Osipova Evgeniya Mikhailovna, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: myrte@mail.ru
Kurmanov Ravil Gadelievich, candidate of biological sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: ravil_kurmanov@mail.ru

Руководство для авторов

В электронном журнале «Геологический вестник» публикуются оригинальные статьи, соответствующие тематике журнала, нигде ранее не опубликованные. Вышедшие номера размещаются на сайте журнала. Доступ к вышедшим номерам журнала бесплатный. Адрес журнала в сети Интернет: http://ig.ufaras.ru/zhurnal/geolvestnik/

Редакция журнала просит авторов следовать изложенным далее правилам

Журнал принимает рукописи научных статей объемом до 2 авторских листов (1 авт. л. соответствует 40 000 печатных знаков с пробелами; 1 полная журнальная страница с рабочим полем 170×235 мм составляет 0.125 авт. л.).

Рукописи представляются в окончательно проверенном и подписанном автором (авторами) виде в одном отпечатанном экземпляре с обязательным приложением электронного варианта, включающего отдельные файлы статьи согласно Техническим правилам оформления. Рукописные вставки и вклейки в бумажном экземпляре недопустимы.

Твердая копия материалов высылается почтовым отправлением (простой бандеролью) по адресу: 450077 Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2, Институт геологии УФИЦ РАН.

Файлы электронного варианта статьи могут быть переданы в редакционную коллегию на компакт-диске, флэш-накопителе или по E-mail: igjournal@ufaras.ru. Сотрудники ИГ УФИЦ РАН имеют возможность передать материалы статьи по локальной компьютерной сети. Возможно использование архиваторов ZIP, 7-ZIP, RAR.

К рукописи прилагаются: 1) направление в журнал от организации, в которой данное исследование выполнено; 2) акт экспертизы; 3) сведения об авторах, включающие полные имена и отчества всех авторов, научную степень, должность, название организаций всех авторов и их почтовые, а также электронные адреса; 4) контактные телефон и электронный адрес автора(ов) для решения вопросов, связанных с прохождением статьи.

Редколлегия оставляет за собой право отклонять статьи, оформленные с нарушением правил (извещая об этом контактное лицо из числа соавторов).

Статьи членов редколлегии принимаются на общих основаниях.

Технические правила оформления статей

1. Бумажная и электронная версии рукописи должны быть идентичны.

2. При подготовке текста рукописи следует: представлять основной текст статьи в формате .RTF (напр., Microsoft Word for Windows); использовать одинарный интервал, шрифт Times New Roman с размером 12 пт; слева и справа должны быть оставлены поля около 25 мм и 10–15 мм; выравнивание — по ширине страницы; не применять переносы; строки текста в пределах абзаца не должны разделяться символом возврата каретки. Все страницы в каждой статье должны быть пронумерованы. Рисунки, таблицы и фотографии прилагаются отдельными файлами.

3. Статья должна иметь следующие обязательные элементы: В начале каждой статьи должны присутствовать: тематический рубрикатор УДК; название статьи; инициалы и фамилии авторов; аннотация; ключевые слова. Завершаться статья должна библиографическим списком литературы; сведениями об авторах (фамилия, имя, отчество каждого автора полностью, ученая степень, звание (если есть), полное и краткое название организации, которую представляет автор, контактная информация — E-mail). *При представлении статьи на русском языке, все эти элементы, а также названия таблиц, подрисуночные подписи, примечания к ним и благодарности должны быть переведены на английский язык*.

Каждая статья должна сопровождаться аннотацией объемом 250–350 слов. Текст должен быть лаконичным и четким, свободным от второстепенной информации, отличаться убедительностью формулировок. Английский текст аннотации может не совпадать с русским вариантом, но должен соответствовать ему по объему и рубрикации. Английская аннотация размещается сразу после русской аннотации и должна завершаться ключевыми словами и благодарностями, переведенными на английский язык.

4. Статья должна быть разбита на разделы, отражающие ее содержание. Рекомендуются следующие стандартные рубрики статьи: введение, исходные данные, методы исследования, результаты исследова-

ния, обсуждение результатов, выводы (заключение), список литературы – подзаголовки 1 уровня. Другие необходимые автору рубрики помещаются в начале соответствующего абзаца (подзаголовки 2 уровня). Заголовки 1 уровня располагаются по центру строки. Заголовки 2 уровня даются полужирным шрифтом (строчными буквами) также по центру строки. Подзаголовки выделяются *полужирным шрифтом или полужирным курсивом* в начале строки. Благодарности указываются в конце статьи отдельным абзацем. Ссылки на гранты, проекты выделяются *курсивом*.

5. Во всех материалах статьи должны использоваться физические единицы, принятые в Международной системе единиц СИ: ГОСТ 8.417-81 (СТ СЭВ 1052-78). Десятичный знак — точка (0.3).

Точка не ставится после: рубрики, заглавия статьи, ключевых слов, заголовков, названий таблиц, подписей к рисункам, размерностей (м – метр, г – грамм, т – тонна, с – секунда, мин – минута, сут – сутки, град – градус, атм – атмосфера, млн – миллион, млрд – миллиард, трл – триллион), в подстрочных индексах ($T_{пл}$ – температура плавления, $T_{ф.п}$ – температура фазового перехода). ***Точка ставится*** после: примечаний к рисункам и таблицам, аннотации, сокращений (мес. – месяц, г. – год, тыс. – тысяча, нед. – неделя, р. – река, оз. – озеро, д. – деревня, пос. – поселок, г. – гора, город).

Полиграфическое тире (Alt+0151 на цифровой клавиатуре) с пробелами используется для обозначения текстового тире. ***Укороченное тире*** (Alt+0150) без пробелов обозначает систему, сплав, смесь, границу, зависимость, интервал “от–до”. Например, “периоды юра–мел”, температура 150–170°С. Если числа отрицательные, вместо тире ставится многоточие: –5...–7°С. Дефис без пробелов: P-T условия, ИК-спектроскопия, U-Pb возраст.

Все сокращения и аббревиатуры при первом упоминании должны быть расшифрованы, за исключением общеупотребительных (и т.д., и т.п., т.е.). Северную и южную широты обозначают как N и S, восточную и западную долготы – E и W, юго-западный – ЮЗ. Пишем: ЭДС, КПД. При сокращении слов с удвоенными согласными оставляют только одну: $K_{эф}$, мас. %. Вновь вводимые или редко употребляемые термины и словосочетания также подлежат расшифровке при первом упоминании.

Символы химических элементов следует набирать прямым шрифтом, расставляя по местам верхние и нижние индексы. Обозначения минералов рекомендуется писать наклонным шрифтом (курсивом), например: Ol – оливин, Pl – плагиоклаз; температуру по Цельсию обозначать курсивной *T*, по Кельвину – *T*, K; давление – *P* или *p*; время – t, возраст – T (прямые буквы).

6. При необходимости в статье могут использоваться ***сноски***. Располагать их следует под текстом, с нумерацией 1, 2, 3... в пределах текущей страницы.

7. ***Формулы*** размещаются в тексте. Для представления сложных формул используется Редактор формул из состава MS Word for Windows. Простые формулы набираются в отдельной строке. Формулы и символы пишутся единообразно во всех материалах статьи. Номера формул и химических реакций заключаются в круглые скобки, пишутся справа от формулы; знаки препинания при этом ставят перед номером. В тексте номера формул упоминают в отдельных круглых скобках, например: формулы (1)–(3). Символ умножения – “×” (косой крест – Alt+0215) – ставится в случаях, когда справа от него стоит число: 2×10^{-3}. В остальных случаях он опускается: 2y, 4pn.

Размерности величин отделяются от цифры пробелом, кроме градусов, процентов, промилле. Для сложных размерностей допускается использование как отрицательных степеней, так и скобок, но единообразно по статье: Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$ или Дж(моль·К)$^{-1}$, а также Дж/(моль·К). При перечислении или в числовых интервалах размерность приводится лишь для последнего числа (18–20 Дж/моль), за исключением угловых градусов. Размерности переменных пишутся через запятую (E, кДж/моль) по всему тексту, включая подписи к рисункам и обозначения осей на рисунках.

8. Оформление ***таблиц***. В твердой копии каждая таблица размещается на отдельной странице; место первой ссылки на каждую таблицу в тексте следует помечать на левом поле. В электронной версии названия таблиц и примечания к ним размещаются в тексте за абзацем со ссылкой на таблицу. Таблицы нумеруются арабскими цифрами в порядке их упоминания в тексте. Пример ссылки на таблицу: (табл. 1).

Заглавия столбцов пишут с большой буквы. Повторяющиеся надписи заменяются кавычками: –"–; числа в столбцах повторяются.

Пояснения к информации под звездочками и примечание к таблице набирают прямым шрифтом, в конце ставят точку. После звездочки не ставится тире и первое слово пишут с прописной буквы.

9. При подготовке ***иллюстраций*** необходимо придерживаться следующих правил.

Схемы, фотографии и рисунки могут быть представлены в цветном или черно-белом варианте. Рисунки оформляются в редакторах векторной графики и представляются в форматах CDR (CorelDRAW версии X4 или более ранней) или AI (Adobe Illustrator версии CS3 или более ранней). Использованные в рисунке шрифты должны быть переведены в кривые или переданы в редколлегию вместе с рисунком. Растровая графика (фотографии без редактирования; если необходимо редактирование фотографий, сохранять их в TIF) представляется в формате JPG (сохранение необходимо производить в максимальном или высоком качестве) или (сканированные материалы, штриховые рисунки) в TIF. Разрешение растровой графики должно составлять не менее 600 dpi для штриховых рисунков (режим Bitmap, Gray Scale, RGB) и не менее 300 dpi для полноцветных фотографий (Gray Scale, RGB).

Ссылка на рисунок в тексте обязательна. Пример ссылки: 1) на рис. 1а, кривая 2; 2) на рис. 2а–в; 3) (рис. 1). В твердой копии место первого упоминания каждого рисунка в тексте следует пометить на левом поле. В электронной версии подрисуночные подписи и примечания к ним размещаются в тексте за абзацем со ссылкой на рисунок.

Рисунки должны иметь минимальные размеры, соответствующие их информативности, но без потери наглядности. Размер и оформление однотипных рисунков должны быть единообразны по статье. Рисунки должны быть четкими и сохранять четкость после печати.

Номера кривых, прямых линий на рисунках пишутся курсивом без скобок единообразно по статье (т.е. и в тексте, и в подрисуночных подписях); номера условных обозначений пишутся прямым шрифтом. При использовании составных рисунков применяется нумерация их составных частей русскими строчными буквами — а, б и т.д. (прямой шрифт Times New Roman, 12 кегль). Другие цифро-буквенные обозначения и надписи даются этим же шрифтом размером 10 (рекомендуется), 8 (при необходимости), но не менее 6 пунктов.

Рекомендуемая толщина линий 0.2 мм (0.5 pt). Более тонкие линии не применяются. При необходимости использования более толстых линий их толщина не должна превышать 0.75 мм (2 pt). Засечки на осях графика направляются внутрь, а цифры на осях набирают с внешней стороны. Их количество не должно быть избыточным.

Предпочтительные размеры иллюстраций: ширина 8.25 мм (ширина колонки), высота вместе с подрисуночной подписью не более 235 мм; ширина 120–170 мм (ширина рабочего поля вертикальной страницы), высота вместе с подрисуночной подписью не более 235 мм; ширина 200–235 мм (ширина рабочего поля горизонтальной страницы), высота вместе с подрисуночной подписью не более 170 мм.

Для карт следует указывать масштаб и направление север–юг (обозначение стрелкой).

10. ***Список литературы*** состоит из двух блоков. Первый блок озаглавлен *Список литературы* и включает все источники в алфавитном порядке (сначала русские, затем иностранные издания). При его оформлении следует руководствоваться Приложением А к ГОСТ Р.7.0.5.2008 «Библиографическая ссылка». В текстовых ссылках источники указываются в квадратных скобках в хронологическом порядке: [Иванов, 1959; Петров, 2000; Smith, 2016]. Второй блок — *References* — составляется одним списком в романском алфавитном порядке и приводится после первого блока. Русские фамилии, источники должны даваться в латинской транслитерации. Транслитерированные названия книги, справочника, диссертационной работы должны переводиться на английский язык и помещаться в квадратных скобках после транслитерированного русского названия перед выходными данными. Примеры см. на сайте журнала.

Ссылки на статьи русских авторов, которые вышли в английском переводе отечественных журналов, должны даваться на русский вариант, а в списке литературы необходимо давать оба варианта – один в русском, другой в References с сохранением соответствующих реквизитов (см. пример ссылки). Авторский коллектив цитируемых статей необходимо указывать полностью. Необходимо также указывать индекс DOI цитируемой статьи (если статья проиндексирована в CrossRef).

В целях единообразия способов транслитерации кириллических букв, отсутствующих в латинском алфавите, предлагаем при транслитерации руководствоваться следующими правилами: ё – e, ж – zh, й – i, х – kh , ц – ts, ч – ch, ш – sh, щ – shch , ъ – «, ы – y, ь – ', э – e, ю – yu, я – ya.

Полный текст правил и примеры оформления статей приведены на сайте Журнала.