

О природе кратера Жаманшин (Северное Приаралье)

В. А. Быкадоров¹, Г. М. Горкин¹, М. П. Антипов¹, К. Е. Книжник²

¹Геологический институт РАН, 119017, г. Москва, пер. Пыжевский, 7, стр. 1, e-mail: vbykadorov@yandex.ru
²ООО “Запрудгеология”, 030005, г. Актобе, ул. А. Иманова, 14а, Республика Казахстан, e-mail: knizhnik_k@mail.ru

Поступила в редакцию 06.04.2022 г., принята к печати 14.10.2022 г.

Объект исследования. Структура Жаманшин, расположенная в Северном Приаралье, представляет собой выходы домезозойских пород среди палеогеновых отложений. Эта структура более полувека известна в литературе как молодой метеоритный кратер. **Цель.** Рассмотреть всю имеющуюся геологическую и геофизическую информацию о строении и вещественном составе пород и объяснить особенности развития структуры Жаманшин во взаимосвязи с ее положением внутри позднепалеозойской сутурно-коллизийной зоны Восточно-Уральской складчатой системы. **Материалы и методы.** Проанализированы материалы геологических съемок различного масштаба, осуществлена интерпретация геофизических данных, космических снимков, данных о вещественном составе образцов горных пород и палеотектонических реконструкций. Кроме того, выполнен анализ опубликованной литературы о метеоритном происхождении структуры Жаманшин. **Результаты.** Основные особенности строения Жаманшина связаны не с импактным событием, а с аккреционно-субдукционными процессами в палеозое и сдвиго-надвиговыми движениями, особенно активными в плиоценовое время. Молодой возраст стекол (от 10 тыс. до 50 млн лет) из-за ненадежных методик остается недоказанным. Состав стекол позволяет относить их к палеозойским вулканическим породам, а некоторые образцы шлаков и стекол, возможно, имеют техногенное происхождение. **Выводы.** Практически все аргументы в пользу метеоритного происхождения структуры Жаманшин подвергнуты сомнению. Более реалистичным является вывод о ее формировании глубинными тектоническими и геологическими процессами. Структура Жаманшин представляет собой расчлененную округлую возвышенность с кольцом палеозойских пород по краям и котловиной в середине, что связано с эродированной каменноугольной кальдерой. После коллизии в середине карбона все Северное Приаралье до начала мела оставалось областью денудации, в результате чего накопились терригенные озерно-аллювиальные толщи мощностью до 300 м. В течение палеогена и миоцена эта возвышенность с останцами по круговому валу высотой в десятки метров была перекрыта морскими и континентальными осадками. В плиоцене район подвергся активным сдвиго-надвиговым движениям с формированием Тасаранской мегаантиклинали с Жаманшинским, Северо-Жаманшинским и Тасаранским поднятиями. Иргизско-Тобольский сдвиго-надвиг ограничил и поднял западное крыло структуры Жаманшин, а оперяющие разломы привели к формированию и проседанию округлой впадины вокруг палеозойской кальдеры в центре Жаманшина.

Ключевые слова: структура Жаманшин, геологическое строение, метеоритный кратер, Северное Приаралье, сутурно-коллизийная зона, разломы, сдвиги

Источник финансирования

Тема исследования соответствует государственному заданию ГИН РАН, подбор материалов для регионального сейсмоатриграфического анализа осуществлен в рамках гранта РНФ 22-27-00827

On the nature of the Zhamanshin crater (Northern Cis-Aralian Region)

Vitalii A. Bykadorov¹, Georgii M. Gorkin¹, Mikhail P. Antipov¹, Konstantin E. Knizhnik²

¹Geological Institute RAS, 7/1 Pyzhevskii lane, Moscow 119017, Russia, e-mail: vbykadorov@yandex.ru
²Limited liability partnership “Zaprudgeologia”, 14a A. Imanova st., Aktobe 030005, Republic Kazakhstan, e-mail: knizhnik_k@mail.ru

Received 06.04.2022, accepted 14.10.2022

Research subject. The Zhamanshin structure is located in the northern Aral Sea region and represents the outcrops of pre-Mesozoic rocks among Paleogene deposits. This structure has been known in the literature as a young meteorite crater for more than half a century. **Aim.** To consider all available geological and geophysical information on the structure and material composition of rocks and explain the development features of the Zhamanshin structure in relation to its

Для цитирования: Быкадоров В.А., Горкин Г.М., Антипов М.П., Книжник К.Е. (2023) О природе кратера Жаманшин (Северное Приаралье). *Литосфера*, 23(1), 92–116. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-1-92-116>

For citation: Bykadorov V.A., Gorkin G.M., Antipov M.P., Knizhnik K.E. (2023) On the nature of the Zhamanshin crater (Northern Cis-Aralian Region). *Lithosphere (Russia)*, 23(1), 92–116. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-1-92-116>

position within the Late Paleozoic suture-collision zone of the Eastern-Uralian fold system. *Materials and methods.* The materials of geological surveys of various scales, as well as the interpretation of geophysical data, satellite images, data on the material composition of rock samples and paleotectonic reconstructions were analysed. In addition, the published literature on the meteorite origin of the Zhamanshin structure was analysed. *Results.* The main structural features of the Zhamanshin structure are rather associated with the accretion-subduction processes in the Paleozoic and strike-slip movements, especially active in the Pliocene, than with an impact event. The young age of glasses (from 10 thousand to 50 Ma) remains unproven due to unreliable methods used. The composition of the glasses allows them to be attributed to Paleozoic volcanic rocks, while some samples of slags and glasses may be of technogenic origin. *Conclusions.* Almost all arguments in favour of the meteorite origin of the Zhamanshin structure are questioned. A more realistic conclusion is that it has formed by deep tectonic and geological processes. The Zhamanshin structure is a dissected rounded upland with a ring of Paleozoic rocks along the edges and a hollow in the middle, which is associated with an eroded Carboniferous caldera. After the collision in the middle of the Carboniferous, the entire Northern Aral Sea remained an area of denudation until the beginning of the Cretaceous. After that, terrigenous lacustrine-alluvial strata up to 300 m thick had accumulated. During the Paleogene and Miocene, this upland with the remnants located along a circular rampart tens of meters high was covered by marine and continental sediments. In the Pliocene, the area was subjected to active strike-slip movements with the formation of the Tasaran mega-anticline with the Zhamanshin, North-Zhamanshin and Tasaran uplifts. The Irgiz-Tobolsk shear-thrust had limited and uplifted the western flank of the Zhamanshin structure, while feathering faults resulted in the formation and subsidence of a rounded depression around the Paleozoic caldera in the centre of Zhamanshin..

Keywords: Zhamanshin structure, geological structure, meteorite crater, Northern Cis-Aralian region, suture-collision zone, faults, strike-slips

Funding information

The study was carried out within the state assignment of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences; the collection of materials for regional seismostratigraphic analysis was supported by the Russian Science Foundation, grant No. 22-27-00827

ВВЕДЕНИЕ

Структура Жаманшин находится в Северном Приаралье, в 40 км к юго-западу от р. Иргиз и одноименного поселка (Казахстан) (рис. 1). В 1939 г. В.А. Вахрамеев и А.Л. Яншин (1941) установили здесь наличие разрозненных выходов нижнепалеозойских сланцев и карбоновых вулканитов уральского типа. К этим породам примыкают палеогеновые отложения. Выходы домезозойских пород они считали эрозионными домеловыми останцами, а их появление на современную поверхность связывали с молодой тектоникой. А.Л. Яншин установил также, что структура Жаманшин является одним из локальных выступов на крупной приразломной субмеридиональной Тасаранской антиклинали (Яншин, 1953).

В 1961 г. Г.А. Костик и Б.В. Пилия при проведении геологической съемки м-ба 1 : 50 000 обнаружили и изучили в урочище Жаманшин среди палеозойских пород необычные стекла и шлаки и отнесли их к молодым вулканическим образованиям (Костик, Пилия, 1973).

В 1969 г. появилась статья Л.Г. Кирюхина, П.В. Флоренского, Ю.С. Соболева (1969) “Загадка Жаманшина”. По залеганию этих пород на палео-

зойских и палеогеновых отложениях, по покраснению палеогеновых глин на контакте со шлаками авторы сделали предположение о их образовании из расплавов и молодом, послепалеогеновом, возрасте. При этом они обозначили три возможные причины образования расплавов: менее вероятные – вулканическая и человеческая (древние плавки железа) – и космогенная.

В последующие десятилетия в публикациях возобладала популярная метеоритная гипотеза происхождения структуры Жаманшин и сама структура стала именоваться как молодой метеоритный кратер. Наиболее последовательным сторонником метеоритной гипотезы является П.В. Флоренский (Флоренский, Дабижа, 1980; Флоренский, Диков, 1981). Эту гипотезу поддерживали и некоторые другие ученые (Вишневский, Пальчик, 1978; Бойко, 1983, 1989; Бойко, Гладкова, 1984; Изох и др., 1990, 1991; Глазовская, Масайтис, 1998; Горностаева и др., 2017, 2019). Причем в качестве основных аргументов для подтверждения метеоритной гипотезы они использовали преимущественно детальные исследования химического состава стекол и шлаков. Нами проанализированы основные публикации и отчеты по району Жаманшина, и с учетом многолетнего опыта из-

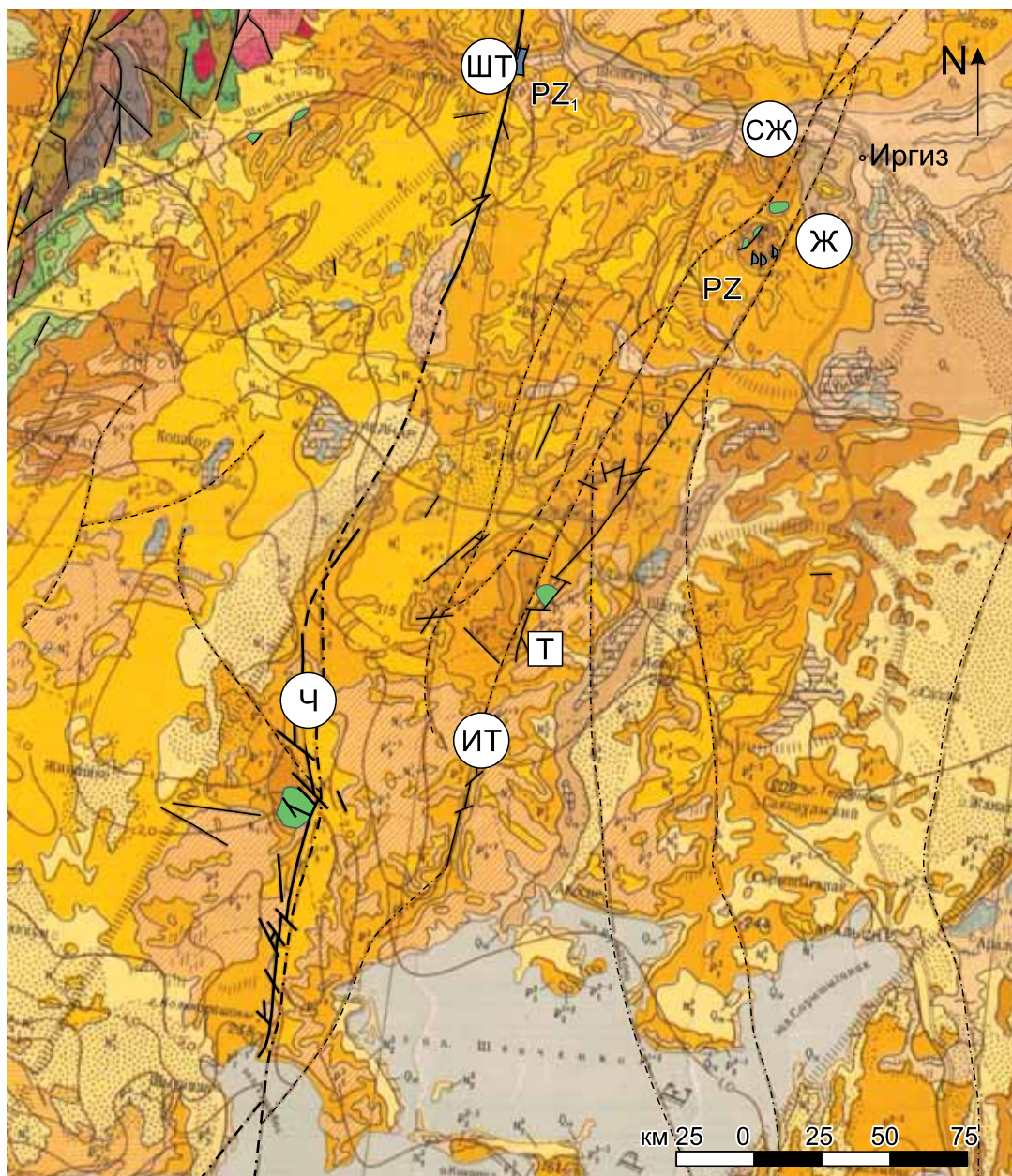


Рис. 1. Геологическая карта Северного Приаралья.

Антиклинали: Ж – Жаманшин, СЖ – Северный Жаманшин, ШТ – Шет-Иргиз, Т – Тасаран; разломы: ИТ – Иргизско-Тобольский, Ч – Челябинский.

Fig. 1. Geological map of the Northern Aral Sea.

Anticlines: Ж – Zhamanshin, СЖ – Northern Zhamanshin, ШТ – Shet-Irgiz, Т – Tasaran; Faults: ИТ – Irgizsko-Tobolsky, Ч – Chelyabinsk.

учения осадочных бассейнов мы пришли к иным выводам, близким первоначальным заключениям А.Л. Яншина. Надеемся, что наша статья вызовет дискуссию и это поможет избавиться, по крайней мере, от части необоснованных предположений о строении и происхождении структуры. Анализ региональных и локальных особенностей ур-

чища Жаманшин и смежных территорий сторонники кратерной гипотезы не уделили достаточно внимания, а это позволяет, на наш взгляд, ответить на многие вопросы, связанные с загадкой Жаманшина. Первый автор настоящей статьи в начале 1970-х гг. с алматинскими коллегами изучал проблему связей Урала, Тянь-Шаня и Централь-

ного Казахстана (Абдулин и др., 1976). После первых публикаций по Жаманшину посетил это урочище, собрал образцы шлаков и пришел к выводу, как и ряд других исследователей, что сама структура Жаманшин имеет тектоническую природу, а шлаки и стекла – это, вероятно, палеозойские вулканические продукты. Не исключалось также, что часть шлаков – это остатки плавки железа нашими предками. Шлаки Жаманшина внешне неотличимы от шлаков металлургических заводов, это отмечали и другие исследователи. Обнажения палеозойских пород нами связывались с ядром антиклинали. Однако в большинстве публикаций структура Жаманшин описывается как чуть ли не эталон молодых метеоритных кратеров. И интерес переполнен этими популярными представлениями. Но метеоритная гипотеза не может объяснить ряд важных наблюдений: а) отсутствие следов метеоритного вещества; б) расположение кратера на вершине крупного поднятия; в) возвращение выброшенных импактитов в 3–4 локальные точки только в кратере; г) незначительное количество импактитов и приуроченность их к вулканитам валериановской свиты; д) не хаотичное, а тектонически опрокинутое залегание слоев палеогена; е) отсутствие импактитов на границе мела и палеозоя; ж) раздробленность и перетертость палеозойских пород с глубиной до 1050 м не ослабевает; з) пород типа иргизитов и жаманшинитов в других метеоритных кратерах мира не встречено; и) нечеткая выраженность кратера в рельефе; к) малая достоверность определения времени падения метеорита.

К настоящему времени накоплен обширный материал, прежде всего сейсмический, по соседним нефтеперспективным территориям Южного Тургай и Аральского региона (Быкадоров и др., 2016), проведено геологическое доизучение (ГДП) района Жаманшина (Пронин, Бабанова, 1989); изучена геодинамическая история района (Атлас..., 2002; Bykadorov et al., 2003; Быкадоров и др., 2004). Результаты этих исследований недостаточно учитываются сторонниками кратерной гипотезы и часто не укладываются в их представления о возникновении структуры Жаманшин. Анализ всех материалов позволяет высказать достаточно обоснованное представление о земном, тектоническом происхождении структуры Жаманшин.

Основные особенности геологии региона

Северное Приаралье имеет сложную историю геологического развития. Здесь продолжают геодинамически разнородные домезозойские блоки земной коры Урала и Казахстана. В течение ордовика – раннего карбона их разделял Урало-Тяньшаньский океанический бассейн (Атлас..., 2002). Субдукция под Казахстанский микроконтинент,

особенно интенсивная в карбоне, привела к формированию активной окраинно-континентальной Валериановской вулканической дуги с мощным андезитобазальтовым вулканизмом. Коллизия этой дуги с уральской окраиной Восточно-Европейского континента (ВЕК) и орогенез произошли в середине карбона.

Структура Жаманшин находится точно в зоне сочленения этих блоков, т. е. в аккреционной (сутурной) зоне. Орогенез продолжался до конца перми и сопровождался осушением Северного Приаралья и Тургай и активными сдвиго-надвиговыми процессами. Палеозойские отложения в этой зоне интенсивно дислоцированы, прорваны интрузивными породами, часто метаморфизованы и интенсивно кливажированы. Достаточно интенсивные тектонические подвижки в этой зоне возобновлялись неоднократно вплоть до эоплейстоцена, что отразилось в современной структуре платформенного чехла (см. рис. 1, 2).

Преобладающим направлением структур в платформенном чехле является субмеридиональное, уральское, что унаследовано от палеозойских структур. Это впервые подчеркнул А.Л. Яншин (1953). Сдвиговые перемещения сопровождалось надвигами восточной вергентности.

По оси Аральского моря расположен узкий (10–12 км) меридиональный Арало-Кызылкумский вал, связанный с одноименным тектоническим швом (правым сдвигом) и заложенный в перми, в стадию орогенеза (Быкадоров и др., 2016). Его амплитуда по кровле юры составляет 40–50 км. В пределах вала дислоцированы все отложения от перми до плиоцена с углами падения от 10 до 30°. Этот вал хорошо изучен современной сейсморазведкой, и мы приводим разрез в качестве иллюстрации молодых движений в Северном Приаралье и для района Жаманшина (рис. 3).

Арало-Кызылкумский разлом (сдвиг) уходит меридионально на север на соединение с Челябинским разломом, разделяющим Урало-Тобольский протерозойский блок и Иргизскую зону с основными вулканитами и сланцами силура. В 50–70 км восточнее установлен Тастыбулакский разлом, он проходит по оси Тасаранской антиклинали через район структуры Жаманшин и далее уходит на север, где он известен как Иргизско-Тобольский глубинный разлом с ультрабазиитами, ограничивающий с запада Кустанайский синклиний, точнее ее Денисовскую зону (Абдулин, Цирельсон, Быкадоров, 1976; Кисилев, 1971). Последняя, с геодинамической позиции, является Восточно-Уральской сутурно-аккреционной зоной, примыкающей с запада к Валериановской окраинно-континентальной вулканической дуге, активной в визейско-серпуховское время. Вдоль этих разломов в течение длительного времени, с пермского до конца кайнозойского, периодически

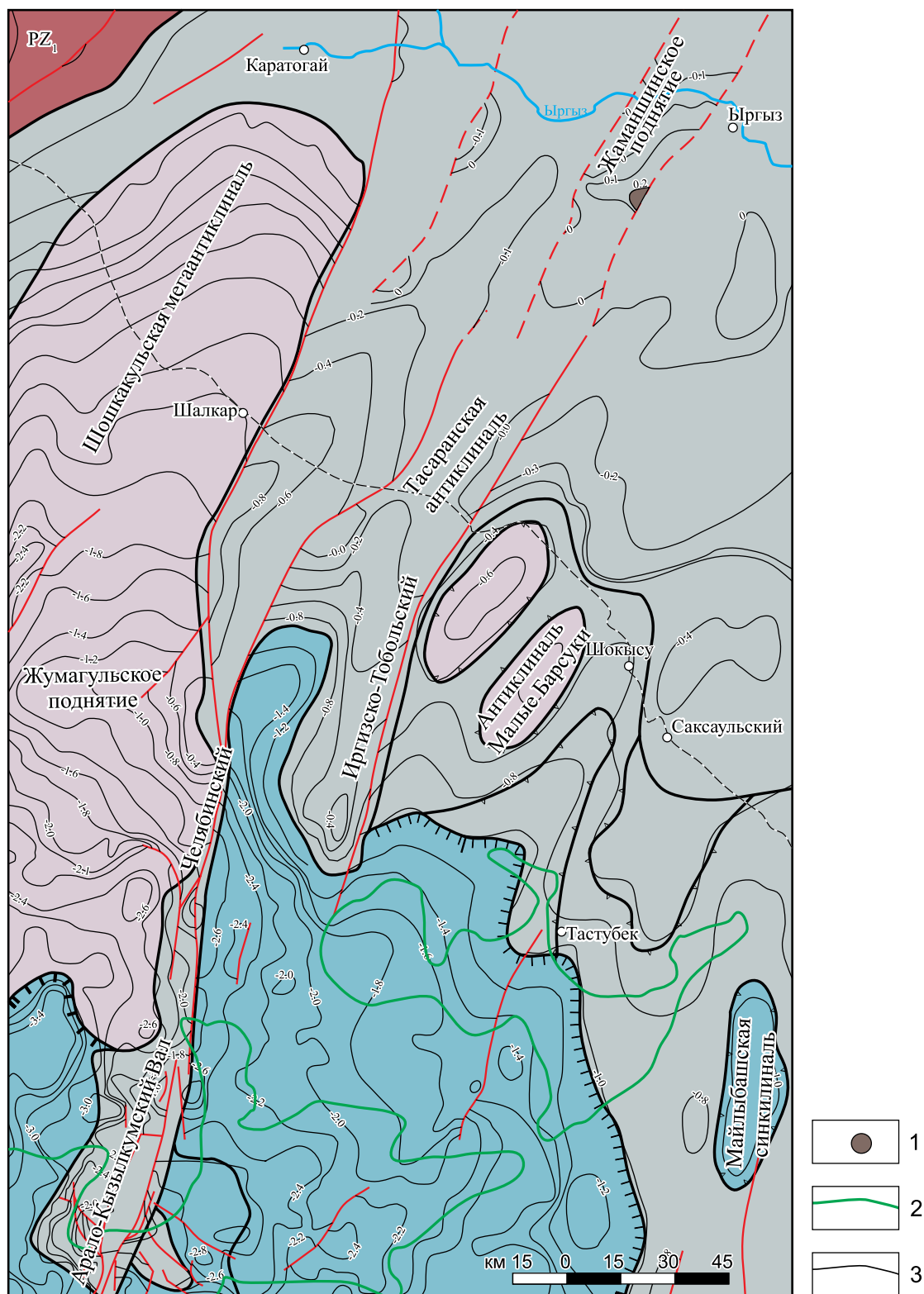


Рис. 2. Структурная карта подошвы осадочного чехла Северного Приаралья.

1 – структура Жаманшин, 2 – контуры остатков Аральского моря, 3 – изогипсы подошвы мезозоя.

Fig. 2. Structural map of the bottom of the sedimentary cover of the Northern Aral Sea.

1 – Zhamanshin structure, 2 – contours of the remains of the Aral Sea, 3 – isohypses of the base of the Mesozoic.

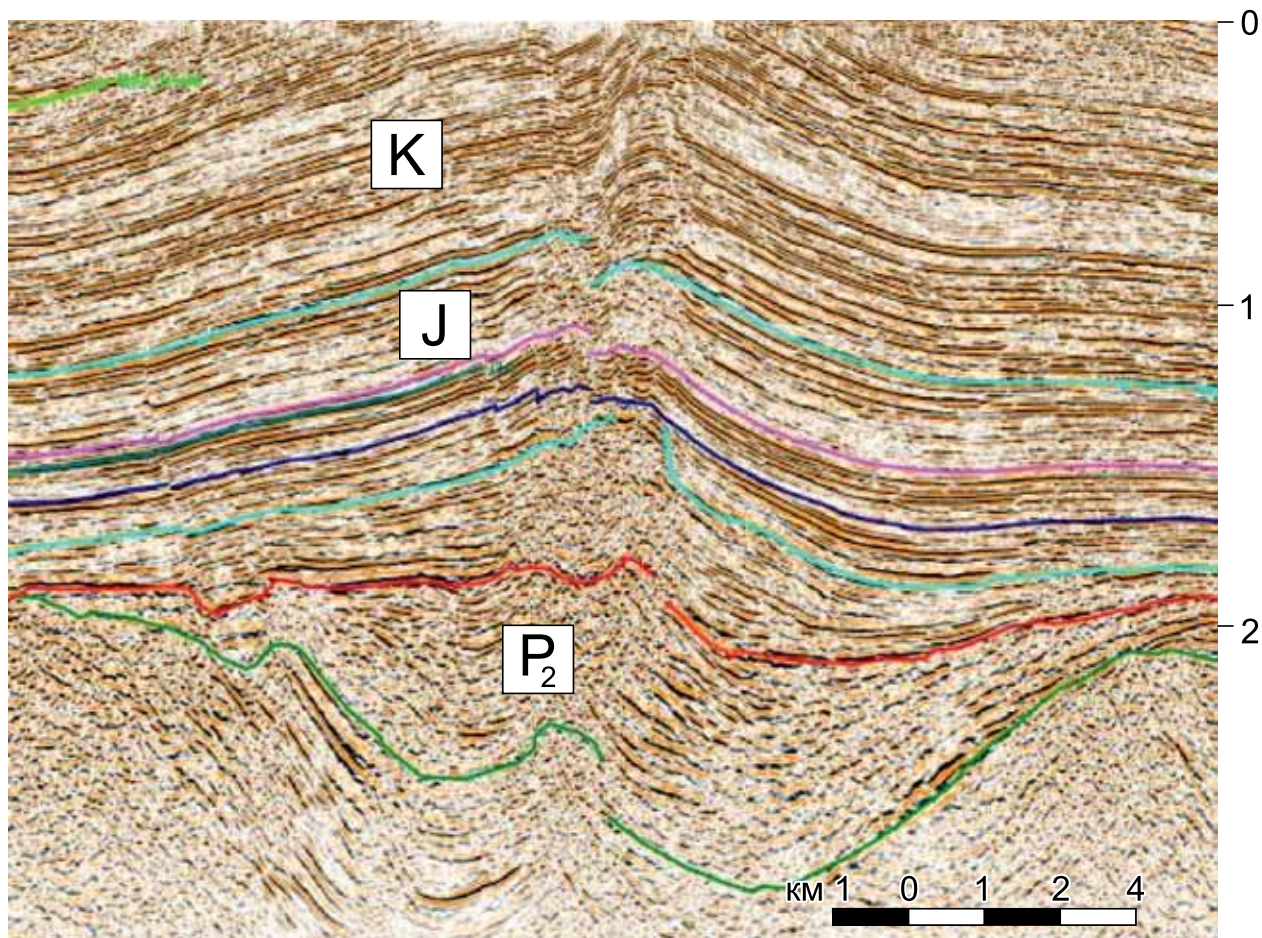


Рис. 3. Широтный сейсмический разрез через о-в Возрождения в Аральском море (0–3 с). Иллюстрация плиоценового сдвига, по (Быкадоров и др., 2016).

Fig. 3. Latitudinal seismic section through about Revival in the Aral Sea (0–3 s). Pliocene shift illustration by (Bykadorov et al., 2016).

возобновлялись активные тектонические движения сдвига-надвигового характера. Особенно активно разломы проявились в перми – ранней юре. При этом район Жаманшина оставался до конца турона эродируемой возвышенностью (Пронин и др., 1989; Атлас..., 2002). Новый этап тектонической активизации приходится на неоген, когда Индостанская плита активно надвигалась на Евразию с формированием горных систем Памира и Тянь-Шаня. Последние привели в движение на северо-запад Сырдарьинско-Восточно-Аральский блок, с чем связаны разломы и дислокации осадочного чехла Северного Приаралья и рост гор Мугоджар. Эта активизированная в плиоцене территория отвечает уральской складчатой системе между Главным Уральским (ГУР) и Иргизско-Тобольским разломами, маркирующими офиолитовые сутуры. В результате в сводах ряда приразломных структур на поверхность выведены отложения мела и даже палеозоя (см. рис. 1). Места-

ми установлены надвиги в чехле. С интенсивными тектоническими движениями в плиоцене связано формирование Тасаранской мегаантиклинали и расположенной на ней структуры Жаманшин. Тасаранская мегаантиклиналь установлена А.Л. Яншиным (1953). Ее строение позднее было уточнено при проведении геологических съемок. Она простирается на северо-восток на 150 км от Аральского моря до р. Иргиз и рассечена продольным крутым Тастыбулакским взбросом восточной вергентности. В северной части надвинутого и поднятого крыла мегаантиклинали находится крупный Даутбайский (Пронин и др., 1989), или Жаманшинский, вал с выходами палеозойских и меловых отложений на структуре Жаманшин и меловых на Северо-Жаманшинском поднятии. Обе эти структуры имеют протяженность около 20 км и характеризуются интенсивной тектонической раздробленностью и складчатостью мел-палеогеновых отложений (рис. 4).

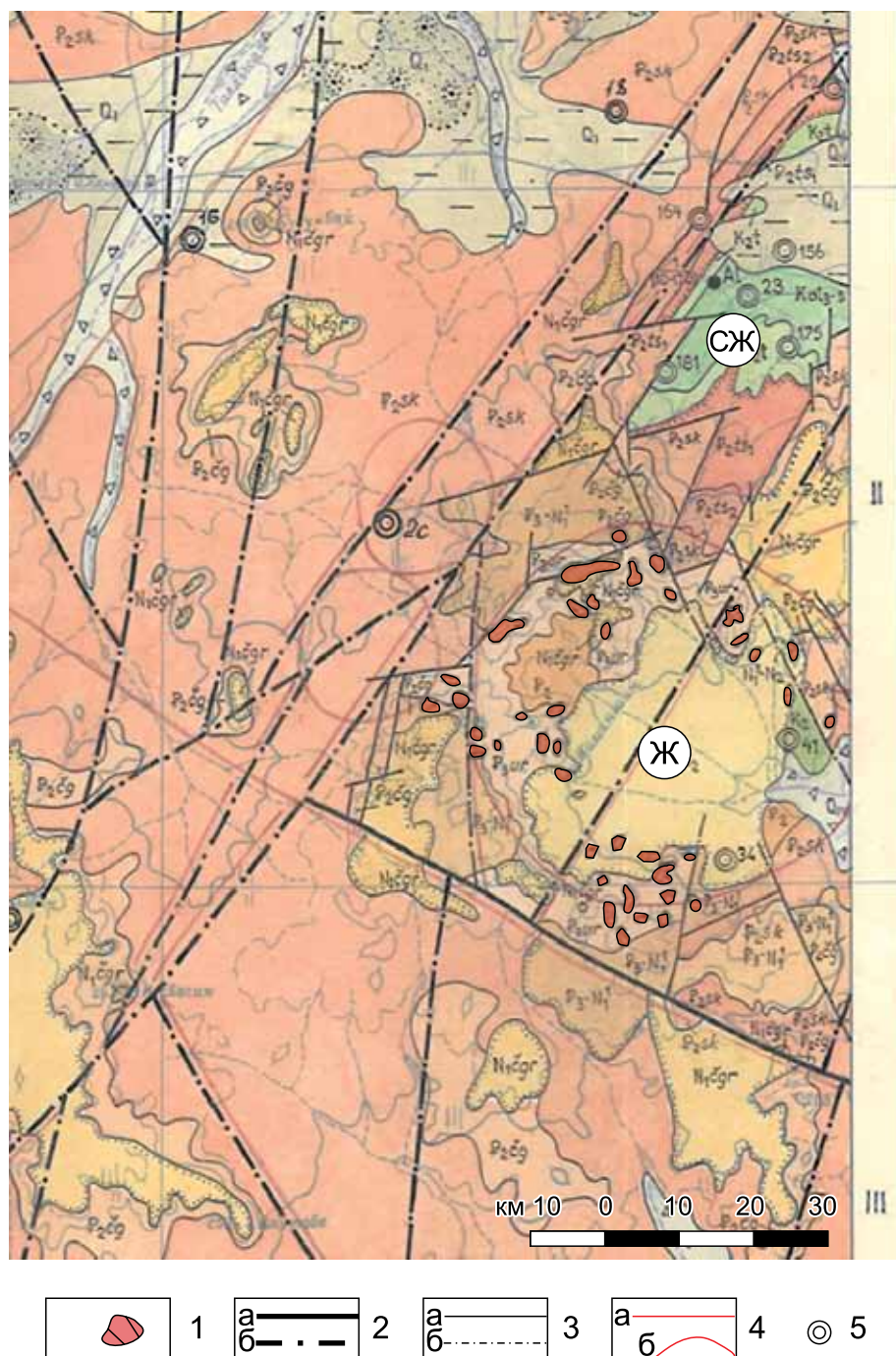


Рис. 4. Геологическая карта урочища Жаманшин (Пронин, Бабанова, 1989).

1 – породы палеозойского возраста; 2 – долгоживущие разломы: а – на поверхности, б – скрытые под молодыми образованиями; 3 – разломы неустановленной морфологии: а – на поверхности, б – под молодыми отложениями; 4 – элементы, выделенные по данным космических и высотных фотосъемок: а – линейaments, б – кольцевые структуры; 5 – буровые скважины и их номера. Ж – Жаманшин, СЖ – Северный Жаманшин.

Fig. 4. Geological map of the Zhamanshin tract (Pronin, Babanova, 1989).

1 – rocks of Paleozoic age; 2 – long-lived faults: а – on the surface, б – hidden under young formations; 3 – faults of unknown morphology: а – on the surface, б – under young deposits; 4 – elements identified according to the data of space and high-altitude photography: а – lineaments, б – ring structures; 5 – boreholes and their numbers. Zh – Zhamanshin, SZh – Northern Zhamanshin.

К югу от железной дороги на Тасаранской антиклинали А.Л. Яншин описал еще одно локальное горстовидное поднятие – Тасаранское – с выходами на поверхность меловых отложений с углами падения до 20°. Оно также расположено на поднятом западном блоке и обрезано не только с востока, но и с запада разломами.

В северном Приаралье по геофизическим полям (Абдулин и др., 1976) и скважинам прослежены продолжения уральских складчатых структур. Западнее Тастыбулакского разлома в пределах Тасаранской антиклинали южнее железной дороги по скважинам (Кириухин, 1971) под меловыми отложениями на глубинах 130–190 м вскрыты брекчированные нижнепалеозойские черные углистые кварцево-сланцевые и серицитовые сланцы с кварцевыми и альбитовыми жилами с прослоями зеленовато-серых кислых туфов и брекчий. Здесь же, в скважинах, обнаружены диабазовые порфириды и гранодиориты. Южнее, на северном берегу Аральского моря, в скв. 2907 Акеспе (Быкадоров и др., 2016) пройдены рассланцованные черные углеродистые милонитизированные аргиллиты и алевролиты с интенсивной гидротермальной проработкой, обусловившей высокие содержания меди, серебра и других металлов. Возраст аналогичных черносланцевых пород в Денисовском сегменте Южного Урала раннепалеозойский (силурийский). Такие брекчированные породы установлены и в скважинах Жаманшина.

Восточнее Тастыбулакского разлома от Аральского моря до Жаманшина многими скважинами наряду со сланцами нижнего палеозоя вскрыты верхневизейско-серпуховские темно-серые известняки с фораминиферами, андезитобазальтовые и андезитовые порфириды, туфы и туфобрекчии среднего состава, они прорваны характерным для Валериановского синклиория ранне- и среднекаменноугольным интрузивным комплексом – габбро-диоритами и кварцевыми диоритами, гранодиоритами, сиенитоидиоритами и гранитами (Кириухин, 1971 и др., Абдулин и др., 1976).

Южнее Жаманшина в Приаралье в пределах валерьяновской зоны на сейсмических разрезах в палеозое прослежена поверхность срыва (детachment) восточной вергентности (Быкадоров и др., 2016). Отложения выше зоны срыва представлены черными милонитизированными и гидротермально проработанными породами нижнего палеозоя, вскрытыми вблизи приведенного разреза в упомянутой скв. 2907. Такой рисунок сейсмической записи характерен для уральских сложнодислоцированных, метаморфических пород, прошедших коллизийную стадию развития. Изложенные особенности геологического строения и геодинамического развития района позволяют говорить о тектонической природе структуры Жаманшин.

Особенности геологического строения структуры Жаманшин

Гипотеза метеоритной природы структуры Жаманшин не объясняет многие аспекты ее геологии. Для подтверждения метеоритной гипотезы происхождения структуры Жаманшин в 1960–1980 гг. проведены значительные объемы геологических и геофизических исследований, в том числе проходка глубоких (до 1050 м) скважин и геологическое доизучение. Однако эти материалы, особенно конца 1980-х гг., в публикациях изложены схематично и интерпретируются (иногда с оговорками) с позиций кратерной гипотезы. Рассмотрим более подробно важные для выяснения природы структуры Жаманшин особенности ее геологического строения.

1. По П.В. Флоренскому (Флоренский, Дабиджа, 1980; Флоренский, Диков, 1981), метеорит образовал кратер диаметром 5–6 км и глубиной до 700 м. Выброшенный из кратера мел-кайнозойский и палеозойский материал создал вокруг кратера насыпной вал из перемешанных пород с залеганием палеозойских блоков на палеогеновых перемятых глинах. Часть выброшенного материала, по П.В. Флоренскому, сползла с вала и заполнила кратер в виде аллогенной брекчии. В ней, в основном в ее подошве, предполагалось наличие значительных масс расплавов (жаманшинитов). Часть материала кратера испарилась и после конденсации в виде стекол причудливой формы и малых размеров (иргизитов) также легла точно в кратер в его юго-восточную часть. Метеорит прилетел с юго-востока, этим П.В. Флоренский объяснял отсутствие вала на юго-западе кратера.

2. По П.В. Флоренскому (Флоренский, Дабиджа, 1980) и Я.И. Бойко (1989), кратер имеет правильную округлую форму диаметром 5–6 км, что, по их мнению, подтверждается геофизическими и геоморфологическими материалами. Это не согласуется с их представлениями об отсутствии насыпного вала из-за прилета метеорита с юго-востока. При круглой форме кратера падение должно быть близким к вертикальному. Рельеф урочища Жаманшин мало похож на кратер. Он представляет собой типичный мелкосопочник (рис. 5), расчлененный многочисленными промоинами и руслами временных водотоков. На космоснимке и рельефной карте кратер расплывчат. Между сопками выделяется лощина, понижающаяся и расширяющаяся к востоку с отметками от 240 до 160 м. Это лощина размером около 5 км с запада ограничена серией разрозненных сопкок размером по основанию до 500 м с отметками от 240 до 280 м и одной отметкой 307 м (рис. 6). Сопки местами сгруппированы в отдельные гряды высотой 15–20 м. Эти гряды Флоренский рассматривает как эродированные части насыпного вала. Сплошного вала вокруг кратера



Рис. 5. Урочище Жаманшин.

“Кратер” выделяется в понижении между холмами “насыпного” вала, но на востоке холмов нет.

Fig. 5. The tract Zhamanshin.

The “crater” stands out in the depression between the hills of the “bulk” rampart, but there are no hills in the east.

ра нет, он отсутствует на востоке и северо-западе. В самом кратере тоже есть небольшие сопки высотой первые десятки метров. Пласты мела и палеогена на сопках круто падают в стороны от центра структуры.

К сопкам приурочены обнажения палеозоя. Обломки домеловых пород образуют россыпи на склонах сопок, а на вершинах сопок встречаются выходы сланцев или порфиринов (рис. 7, 8). Уже по этим фотографиям трудно объяснить особенности залегания палеозойских пород воздействием метеорита. Выходы их достаточно крупные, местами они обнажены вместе с корой выветривания (см. рис. 7) и не несут следов оплавления. Сланцы смяты в мелкие пloyчатые сильно сдвинутые складки с северо-восточным простиранием (10–20°) (Яншин, 1953; Костик, Пилия, 1973). Такой характер рельефа и обнажений древних пород позволяет рассматривать отдельные сопки урочища Жаманшин не как остатки пресловутого насыпного вала метеоритного кратера, а как эрозионные останцы палеогена, армированные штоками палеозойских пород. Один из таких отпрепарированных и разрушающихся штоков показан на рис. 8.

3. По периферии Жаманшина дешифрировано около 50 мелких кольцевых структур (воронок) диаметром 50–300 м и глубиной до 3 м. По П.В. Флоренскому (Флоренский, Дабижа, 1980) и Я.И. Бойко (1983), они, предположительно, образованы обломками метеорита или выброшенными обломками пород. Но проверка шурфами показала, что они

выполнены только континентальными олигоценowymi песками. Вероятнее всего, это дефляционные воронки.

4. На Жаманшине в самом “кратере” и в периферийных воронках, несмотря на активные поиски с металлоискателем, не найдено ни обломков метеорита, ни каких-либо следов от него. Отсутствие метеоритного вещества должно было привести сторонников кратерной гипотезы к предположению о взрыве метеорита в воздухе (по аналогии с тунгусским). Но они считают, что метеорит столкнулся с Землей, создал температуру до 5000°C и расплавился вместе с мишенью, частично испарился и образовал шлаки и стекла. Основное количество расплава предполагалось под рыхлыми породами палеогена. Глубокие скважины это предположение не подтвердили.

5. Осадочный чехол структуры Жаманшин – это не хаотическая мешанина пород после их выброса от метеоритного удара, а дислоцированные породы в результате взбросово-сдвиговых движений в конце миоцена – начале плиоцена. Для подтверждения этого приводим описание осадочного разреза предполагаемого кратера по скважинам (рис. 9) (Бойко, Гладкова, 1984; Зайцев и др., 1990). Необходимо отметить, что в самом кратере меловые отложения отсутствуют. По краям “кратера” появляются маломощные отложения маастрихта, а при удалении разрез мела наращивается до альба при мощности до 150–200 м (Пронин и др., 1989). Структура Жаманшин сверху перекрыта пологим чехлом

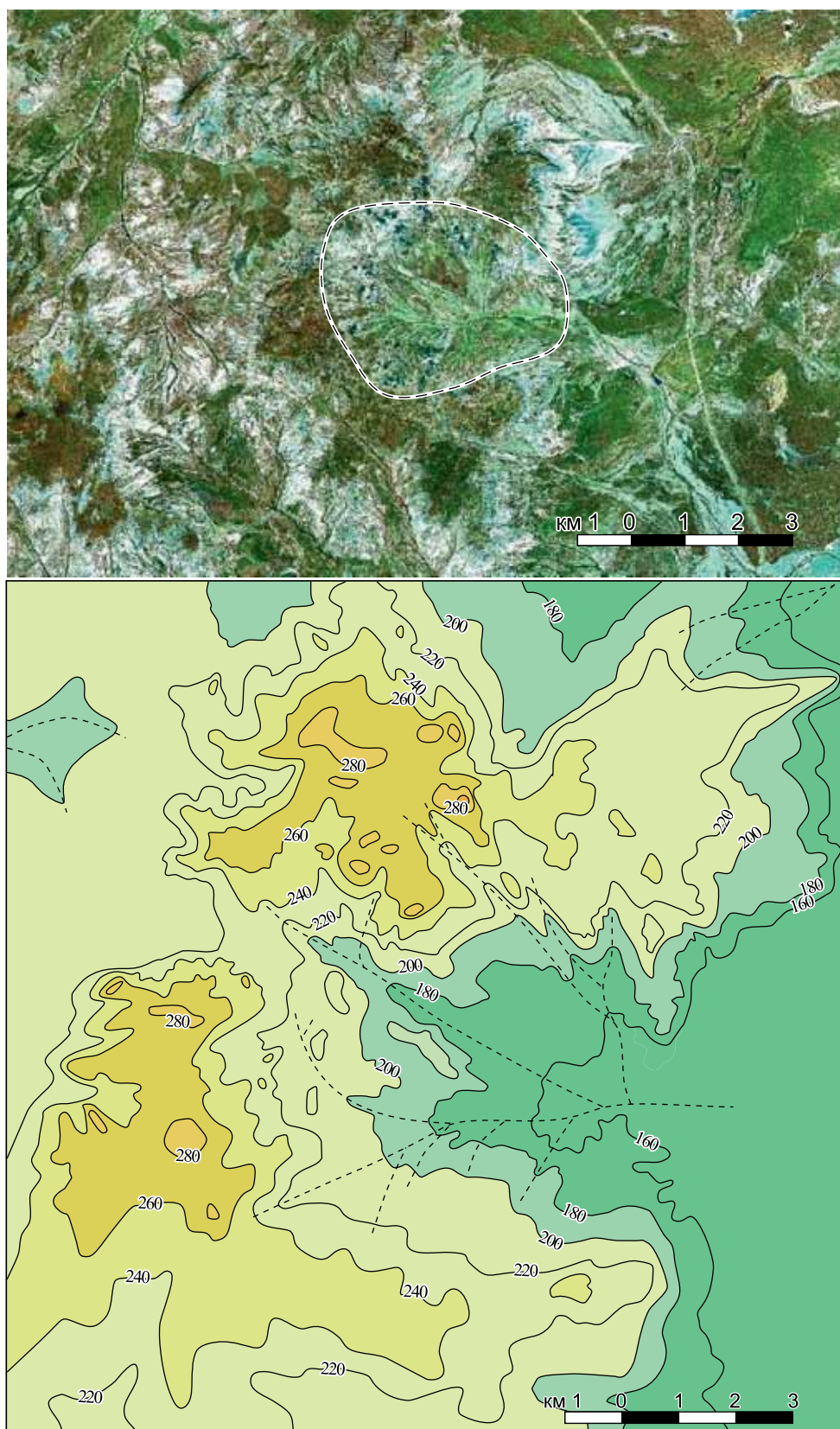


Рис. 6. Космический снимок и схема рельефа “кратера” Жаманшин.

Fig. 6. Space image and relief scheme of the “crater” Zhamanshin.



Рис. 7. Обнажения в “кратере” Жаманшин палеозойских вулканитов, выведенных (а не выброшенных) на поверхность вместе с меловой бокситоносной корой выветривания.

Fig. 7. Outcrops in the “crater” Zhamanshin of Paleozoic volcanic rocks, which are brought (rather than ejected) to the surface along with the Cretaceous bauxite-bearing weathering crust.

плиоцен-четвертичных суглинков и глин мощностью до 75 м. Под ними залегают дислоцированные палеогеновые глины, в их подошве имеются линзы и обломки подстилающих палеозойских пород. Следует подчеркнуть, что во всех приводимых выше и ниже скважинах датирующие палеонтологические остатки изучены детально через 5 м.

В глубокой скв. 102, пробуренной в центре структуры, до глубины 25 м залегают плиоценовые серые, горизонтально-слоистые глины. Палеогеновые серые глины в интервале 25–91 м дислоцированы и содержат до глубины 72 м остатки фораминифер среднего эоцена, а ниже – палинологические комплексы верхнего эоцена. В подошве глины содержат угловатые выветрелые вишнево-серые обломки туфопесчаников, андезитов и их туфов, кварцитов и углистых сланцев, мелкие фрагменты полиминеральных стекол. В интервале 91–220 м пройдена каолинитовая пестроцветная кора выветривания по вулканитам нижнего карбона. В коре установлено пять линз в десятки сантиметров перетертой черной углисто-глинистой породы с обломками размером 3–4 см андезитов и туфогенных пород. Тепловой переработке глины не были подвержены.

В глубокой скв. 101, пробуренной в западной части “кратера”, до глубины 75 м залегают глины пестрые, горизонтально-слоистые с обломками и окатышами размером до 3–4 см палеозойских эффузивов, графитистых сланцев, с переотложенными остатками фораминифер эоцена. Возраст этой толщи оценивается как четвертичный или плиоценовый (Пронин и др., 1989). Ниже, до глубины 290 м, установлен глинистый разрез деформированного палеогена. Глины светло-серые, иногда розовато-серые, пятнистые, брекчиевидные, с зернами скольжения. В отдельных интервалах глины содержат выветрелые остроугольные обломки палеозойских пород размером 5–10 мм, обломки черных стекол размером 1 мм. На контакте с палеозоем глины рассланцованы под углом 6° к оси кернa. На глубине 84–140 м в трех образцах установлены остатки фораминифер тасаранской свиты среднего эоцена, а ниже (180–285 м) в шести интервалах определены фораминиферы и палинокомплексы саксаульской и чеганской свит верхнего эоцена, т.е, как и в скв. 102, подсечена опрокинутая складка или надвиг. Меловых отложений в скважине не установлено.

Для полноты картины о заполнении упомянутого “кратера” приводим материалы по обнажени-



Рис. 8. Обнажение кварцитосланцев на западной сопке.

Fig. 8. Quartzite-schist outcrop on the western hill.

ям и 10 более мелким скважинам с палеонтологическим подтверждением (см. рис. 9) (Бойко, Гладкова, 1984; Зайцев и др., 1990). Скважины 1–10 пробурены при детальных геологических съемках структуры Жаманшин.

Опрокинутое залегание слоев на северо-западе структуры Жаманшин на выходах мела подтверждается скважиной 1. Сверху (8 м) лежит пачка зеленовато-серых глин и песчаников с фауной маастрихта. Ниже, до глубины 64 м, вскрыты дислоцированные серые глины с фораминиферами тасаранской свиты (средний эоцен). Подстилают их песчаники с желваками фосфоритов (предположительно, маастрихт) и пепельно-серые глины (11 м) со спорово-пыльцевыми комплексами верхнего мела. В инт. 74–85 м вскрыта кора выветривания, а на забое (85–102 м) – трещиноватые сланцы нижнего палеозоя. Стекол, шлаков, следов оплавления не отмечено.

Скважины 4, 5, 9 расположены за внешней кромкой “кратера”, и в них вскрыт ненарушенный разрез мела и палеогена. Обращает на себя внимание резко сокращенный разрез мела: сеноманские пески и глины – 5–8 м, глины турона – 10 м, песчаники и мергели маастрихта – 1–5 м, а глины палеогена и эоцена – 100 м. Отложения сеномана и ту-

рона накапливались в континентальных условиях, маастрихта–палеогена – в морских. Залегают меловые породы на трещиноватых выветрелых толщах палеозоя. Скважины 3 и 8 расположены в зоне насыпного вала, но в них вскрыт нормальный разрез. Тасаранские глины на глубинах соответственно 89 и 63 м залегают на маломощной пачке (до 10 м) маастрихта с фораминиферами. Ниже вскрыто 5 м черных глин турона и 5 м песков и глин сеномана, возраст подтвержден спорово-пыльцевыми комплексами.

Южная скв. 6 вскрыла до глубины 96 м дислоцированные зеленовато-серые глины эоцена. В кровле в метровом слое черных глин обнаружены фораминиферы нижнего эоцена, а до глубины 96 м – комплексы среднего и позднего эоцена. Под ними залегает 3-метровый слой глин и карбонатного песчаника с фауной маастрихта. В интервале 99–118 м снова появляются зеленовато-серые и черные глины с прослоями в нижней части зеленовато-серых песков с фораминиферами среднего-позднего эоцена. Ниже лежат черные глины турона (4 м). Затем следует пестрая кора выветривания (3 м) по туфогенным конгломератам карбона. В других местах Жаманшина меловые породы также залегают круто, слагая более мелкие антиклинали.

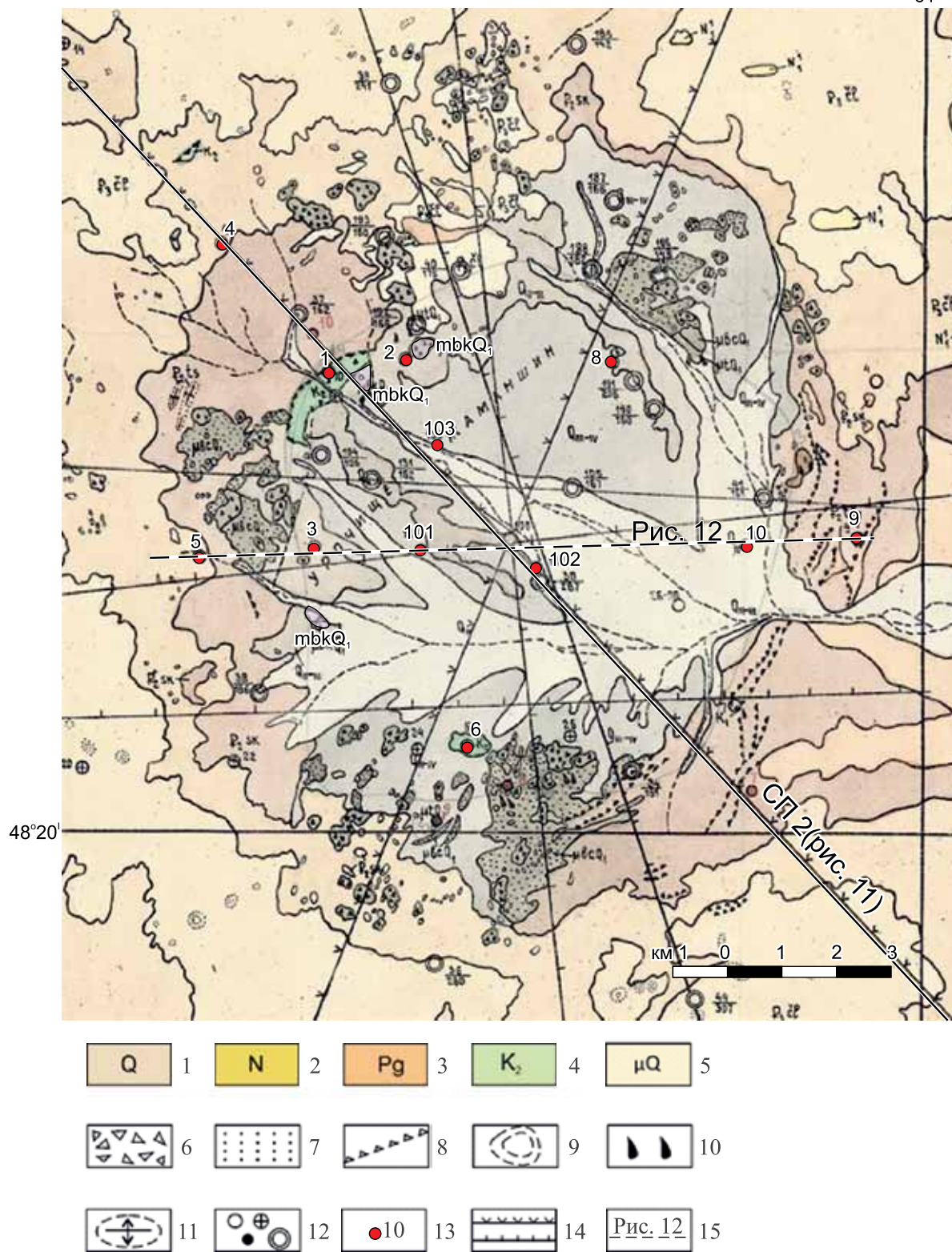


Рис. 9. Геологическая карта, по (Бойко, Гладкова, 1984) с упрощениями.

1 – четвертичные отложения; 2 – нижний миоцен, железистые алевролиты и песчаники; 3 – палеогеновые отложения: cl – чиликтинская свита, алевролиты, пески, sg – чеганская свита, глины, sk – саксаульская свита, пески, глины, ts – тасаранская свита, опоковидные глины, алевролиты; 4 – верхний мел, мергели, песчаники с желваками фосфоритов, глины; 5–7 – импактиты и взрывные брекчии (по Я.И. Бойко): 5 – раннечетвертичные коптогенные образования; t – жаманшиниты, bc – коптокластиты, b – глыбовая аллогенная брекчия, bk – клиппеновая брекчия, мегабрекчия, 6 – мегабрекчии и глыбовые брекчии из пород палеозоя, 7 – коптокластиты из пород палеогена; 8 – надвиги и взбросы достоверные

и предполагаемые; 9 – побочные кратеры проблематичного генезиса; 10 – тектиты-иргизиты; 11 – антиклинальные складки в осадочном чехле; 12 – скважины разных лет; 13 – скважины, использованные в данной статье; 14 – сейсмические профили; 15 – геологический разрез (см. рис. 12).

Fig. 9. Geological map, according to (Boiko, Gladkova, 1984) with simplifications.

1 – Quaternary deposits; 2 – Lower Miocene, ferruginous siltstones and sandstones; 3 – Paleogene deposits: cl – Chilikta Formation, siltstones, sands, cg – Chegan Formation, clays, sk – Saksaulskaya Formation, sands, clays, ts – Tasaran Formation, opoka-like clays, siltstones; 4 – Upper Cretaceous, marls, sandstones with nodules of phosphorites, clays; 5–7 – impactites and explosive breccias (according to Ya.I. Boiko): 5 – Early Quaternary coptogenic formations; t – zhamanshinites, bc – coptoclastites, b – blocky allogeneic breccia, bk – Klippen breccia, megabreccia, 6 – megabreccias and blocky breccias from Paleozoic rocks, 7 – coptoclastites from Paleogene rocks; 8 – thrusts and reverse faults, reliable and assumed; 9 – side craters of problematic genesis; 10 – tektites-irghizites; 11 – anticlinal folds in the sedimentary cover; 12 – wells of different years; 13 – wells used in this article; 14 – seismic profiles; 15 – geological section (see Fig. 12).

По периферии структуры Жаманшин описаны мелкие крутые и даже опрокинутые складки с четкой последовательностью свит (Гарецкий, Горшенин, 1963). Складки связаны с молодыми разломами в северо-западной и юго-западной частях структуры Жаманшин. Северо-западная антиклиналь с юго-востока ограничена взбросом, по которому пестрые песчано-глинистые породы сеномантурона контактируют со сланцами нижнего палеозоя. Выше последовательно лежат песчаники и мергели маастрихта с остатками белемнитов и зеленые эоценовые глины. Антиклиналь имеет четкие периклинальные замыкания и протяженность 2.5 км при ширине 200–300 м. Углы падения меловых пород в своде крутые, до 50°, а на западном крыле – до 80° и местами даже слегка опрокинуты. Р.Г. Гарецкий логично считал, что эти дислокации обусловлены расколами в палеозойском фундаменте и неравномерным подъемом отдельных блоков.

6. Основные сведения о строении палеозойских пород структуры Жаманшин получены по трем глубоким (скв. 101, 102, 103) и ряду мелких скважин. Палеозойские породы в кратере залегают на небольшой глубине и интенсивно раздроблены. Но следов метеоритного вещества, импактных и оплавленных пород не установлено, вскрыта нормальная глинистая каолиновая кора выветривания. В скв. 102 ниже коры выветривания с глубины 220 м и до глубины 1005 м вскрыты раздробленные вишнево-бурые гематизированные туфопесчаники, туфогравелиты, реже андезитовые порфириты нижнего карбона. В отдельных интервалах длиной до 15 м по всему разрезу породы перетерты до глиноподобной массы. Перемятость и раздробленность с глубиной также не меняются. В отдельных остроугольных зернах кварца из туфогравелитов при большом увеличении с трудом выделяются очень тонкие планарные элементы. При этом следует отметить, что палеозойские породы и кора выветривания скв. 102 А.М. Зайцев, А.И. Райхлин, В.Л. Масайтис (1990) рассматривают как цокольный комплекс, т. е. не перемещенный метеоритом. Ими также сделан вывод, что палеозойский комплекс скв. 102 в интервале 220–1005 м испытал

только слабую степень ударного преобразования. Куда же тогда пришелся основной удар пресловутого метеорита?

В скв. 103 в интервале 170–672 м пройдены углисто-кремнистые, темно-серые, интенсивно дробленные, перемятые сланцы, кварциты с пластом базальта, местами породы перетерты до мелкой щебенки и шлама. По сланцеватости имеются скопления графита толщиной 3–4 мм. На забое известняк темно-серый дробленый (37 м). Интенсивность дробления с глубиной не уменьшается.

В скв. 101 в интервале 290–657 м вскрыты сланцы углисто-кварцевые и кварциты углистые нижнего палеозоя. Породы интенсивно дислоцированные, раздробленные, рассланцованные, с тонкими жилками кварца и кальцита, с сульфидами. По сланцеватости имеются налеты графита толщиной 1–2 мм. Местами породы превращены в дресву или песок, но сохранились и крупные глыбы размером 6–13 м. Степень ударного преобразования кварца слабая и очень слабая. В нескольких шлифах в зернах кварца установлена одна, иногда две системы слабопроявленных планарных элементов.

В интервале 657–783 м пройдены брекчированные вишнево-бурые андезиты, их туфы, туфопесчаники. В интервале 657–707 м породы перетерты до песка и щебня, здесь, вероятно, подсечена плоскость надвига. Ниже встречены обломки кварцитосланцев и блоки перемятых глин эоцена толщиной 1–3 м. Импактных стекол не обнаружено. На глубине 684–692 м встречены брекчированные оталькованные светло-зеленые серпентиниты. Местами наблюдается сланцеватость под углом 45°.

В интервале 783–1052 м снова вскрыты интенсивно дробленные сланцы и кварциты, аналогичные описанным выше, местами перетерты до глинистого состояния, и выход керна падает до 5%. Таким образом, материалы по глубоким скважинам указывают на тектоническую природу структуры Жаманшин. К этому выводу фактически пришли и геологи ПГО Аэрогеология, выполнившие ГДП-200 этого района (Пронин, Бабанова, 1989).

7. Для обоснования параметров кратера обработаны два сейсмических профиля КМПВ общей

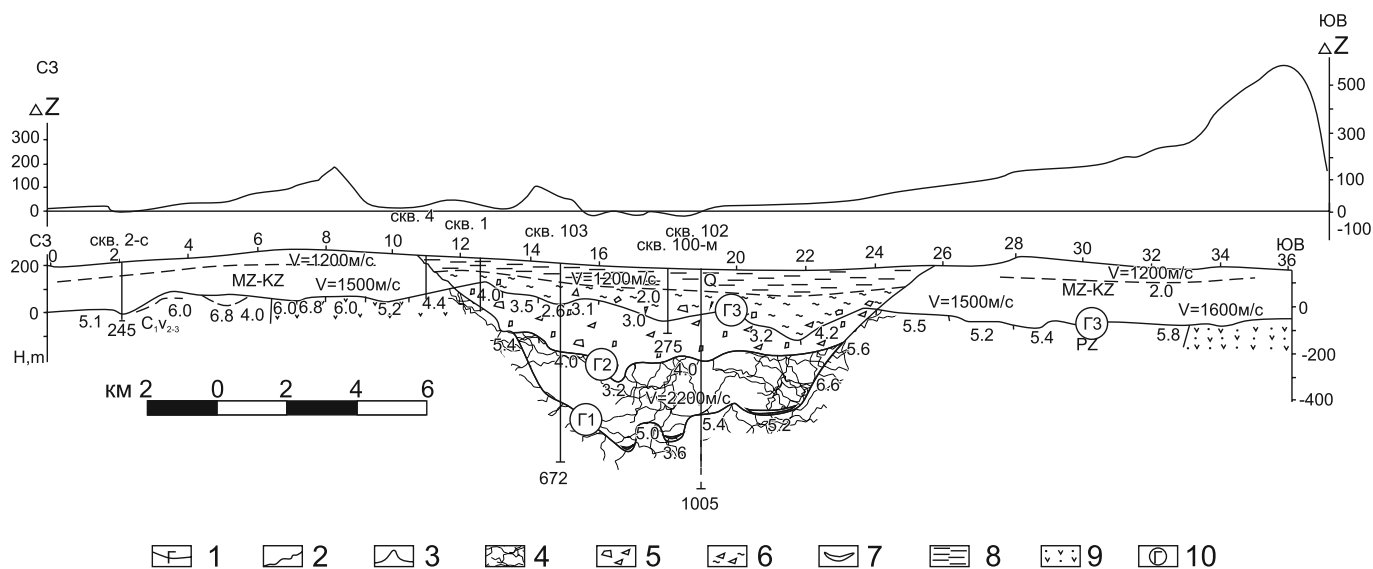


Рис. 10. Сейсмический разрез 2 через структуру Жаманшин, по (Есеналинов и др., 1980) с дополнениями.

1 – реальная преломляющая граница Г1 – кровля палеозоя, 2 – условные границы Г2 и Г3, 3 – график ΔZ магнитного поля, 4 – аутигенная брекчия, 5 – аллогенная брекчия крупнообломочная, 6 – аллогенная брекчия тонкообломочная (палеоген), 7 – возможные скопления импактитовых материалов, 8 – четвертичные образования, 9 – вулканогенно-осадочные породы C_1 ; 10 – преломляющие сейсмические горизонты.

Fig. 10. Seismic section 2 through the Zhamanshin structure, according to (Esenalinov et al., 1980) with additions.

1 – real refracting boundary G1-roof of the Paleozoic, 2 – conditional boundaries G2 and G3, 3 – graph ΔZ of the magnetic field, 4 – authigenic breccia, 5 – allochthonous coarse clastic breccia, 6 – allochthonous fine clastic breccia (Paleogene), 7 – possible accumulations of impactite materials, 8 – Quaternary formations, 9 – volcanic-sedimentary rocks C_1 , 10 – refracting seismic horizons.

протяженностью около 59 км. Для выяснения природы структуры Жаманшин и поиска алмазов в 1986–1988 гг. пробурены упомянутые выше скважины: скв. 101 – глубиной 1052 м, скв. 102 – 1005 м и скв. 103 – 672 м. На рис. 10 показан сейсмический разрез, а на рис. 11 – геологический разрез через Жаманшин после бурения глубоких скважин. Сопоставление разрезов показывает отсутствие дна кратера до глубины 1050 м, что также не согласуется с метеоритной гипотезой происхождения Жаманшина. По сейсмическим данным, по всем скважинам четко подтверждено положение верхней границы Г3, связанной с подошвой мезозойско-кайнозойских пород с низкими пластовыми скоростями (1700–1800 м/с). Граничные скорости сейсмических волн на этой поверхности достаточно высокие – до 4 км/с, ниже нее залегают трещиноватые и перетертые, но не оплавленные палеозойские породы. Нижняя преломляющая граница Г1 в центральных частях структуры Жаманшин регистрируется на глубинах 600–750 м с резко изменчивыми граничными скоростями – от 3.6 до 5.4 км/с. В бортовых частях и за ее пределами эти значения выдержаны в интервале 5.2–6 км/с. Эта граница связывалась с поверхностью ненарушенного кратером палеозоя, его дном (Есеналинов

и др., 1980; Флоренский, Дабижа, 1980). Скважина 102 на сейсмическом профиле № 2 пересекла на глубине 650 м уровень границы Г1 и опустились глубже на 350 м. Но по керну раздробленность с глубиной не уменьшается, а даже возрастает, что, вероятнее всего, связано с интенсивными тектоническими процессами. Это подтверждается и субвертикальной или крутой сланцеватостью. Таким образом, природа преломляющих границ Г1 и Г2 остается неясной, возможно, они связаны с разломами или стенками древнего кратера. Геологический разрез, построенный с учетом результатов глубокого бурения, не подтверждает реальность двух нижних сейсмических границ (см. рис. 11).

7. Важное значение при изучении строения структуры Жаманшин имеют магнитометрические и гравиметрические материалы. В работе П.В. Флоренского этому уделено значительное внимание с позиции метеоритной гипотезы.

В гравитационном поле района четко выделяется крупная положительная аномалия северо-восточного простирания, отвечающая Жаманшинскому поднятию палеозойского комплекса (рис. 12). Поднятие имеет протяженность около 60 км и, как отмечено выше, является частью Тасаранской мегантиклинали, простирающейся на 130 км с севера на юг

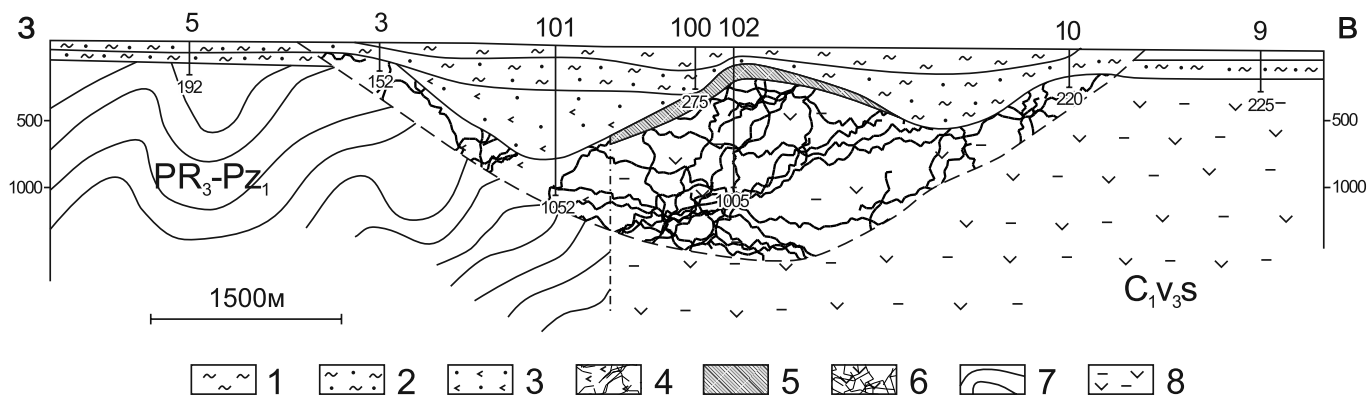


Рис. 11. Геологический разрез с глубокими скважинами, по (Зайцев и др., 1990).

1 – заполняющий комплекс: супеси, суглинки, глины; 2 – аллогенные глины; 3 – аллогенные брекчии углистых кварцитосланцев; 4 – аутигенная брекчия углистых кварцитосланцев; 5 – кора выветривания; 6 – аутигенная брекчия из туфогравелитов, туфопесчаников; породы мишени: 7 – углистые сланцы, кварциты, метаморфизированные песчаники, кремнистые породы, 8 – эффузивно-осадочные образования.

Fig. 11. Geological section with deep wells, after (Zaitsev et al., 1990).

1 – filling complex: sandy loam, loam, clay; 2 – allogeneic clays; 3 – allogeneic breccias of carbonaceous quartzite-schists; 4 – authigenic breccia of carbonaceous quartzite-shales; 5 – weathering crust; 6 – authigenic breccia of tuff gravelstones, tuff sandstones; target rocks: 7 – carbonaceous shales, quartzites, metamorphosed sandstones, siliceous rocks, 8 – effusive-sedimentary formations.

от р. Ирғиз до Аральского моря (см. рис. 2). В центре Жаманшинского поднятия находится локальная отрицательная гравиметрическая аномалия, интерпретируемая обычно как импактный кратер. Такую приуроченность кратера П.В. Флоренский объясняет тем, что падение метеорита привело к инверсионному формированию всего поднятия. Для изучения структуры Жаманшин выполнены детальные гравиметрические и магнитные съемки м-ба 1 : 25 000. Осреднение детальной гравиметрической карты с радиусом 30 км четко картирует отрицательную аномалию с амплитудой около 3 мГл, совпадающую с впадиной по поверхности палеозоя, выполненную в основном палеогеновыми и частично четвертичными отложениями мощностью до 290 м (скв. 101). Контур гравиметрической аномалии почти прямоугольный, слегка вытянутый в северо-восточном направлении (см. рис. 12), что не согласуется с представлениями П.В. Флоренского и Я.И. Бойко об округлом кратере. В магнитном поле восточная и южная границы кратера не выражены (рис. 13), что может указывать на значительное погружение магнитоактивных толщ. С запада и северо-запада фиксируются совпадающие интенсивные положительные гравиметрическая и магнитная аномалии, обусловленные неглубоко залегающими основными и ультраосновными породами в сутурной зоне конца раннего карбона. В скв. 101 в тектонической брекчии среди сланцев силура встречена пластина мощностью 120 м из раздробленных андезитов, туфогравелитов карбона и серпентинитов (8 м).

Это подтверждает наличие здесь зоны разломов и впадины с повышенной мощностью (до 300 м) палеоген-четвертичных пород. Западнее, в пределах положительных гравимагнитных аномалий, палеозой залегает на глубинах до 100–150 м и местами выходит, по нашему мнению, на поверхность в виде крупных допалеогеновых останцов.

8. С учетом буровых и геофизических материалов построены тектоническая и структурная схемы домезозойского комплекса. Они показывают, что район структуры Жаманшин разбит многочисленными древними и молодыми разломами и является зоной сочленения вулканической валериановской окраины Казахстанского микроконтинента и Восточно-Мугоджарского блока ВЕК. На структурной схеме по подошве осадочного чехла (рис. 14) четко выделяется Даутбайское (Жаманшинское) поднятие северо-восточного простирания. Структура Жаманшин по домезозойским отложениям располагается в тектонически сложной Денисовской (Восточно-Уральской) аккреционной зоне в месте смены ориентировки ветвей Ирғизско-Тобольского разлома с субмеридиональной на северо-восточную (рис. 15).

Наличие каменноугольных жерловых фаций по периферии Жаманшина и в скв. 102 в центре (туфобрекчий, туфоконгломератов, вулканических бомб) позволяет предположить, что эта структура сформирована на древней каменноугольной кальдере, осложненной коллизионными надвигами и молодыми разломами.

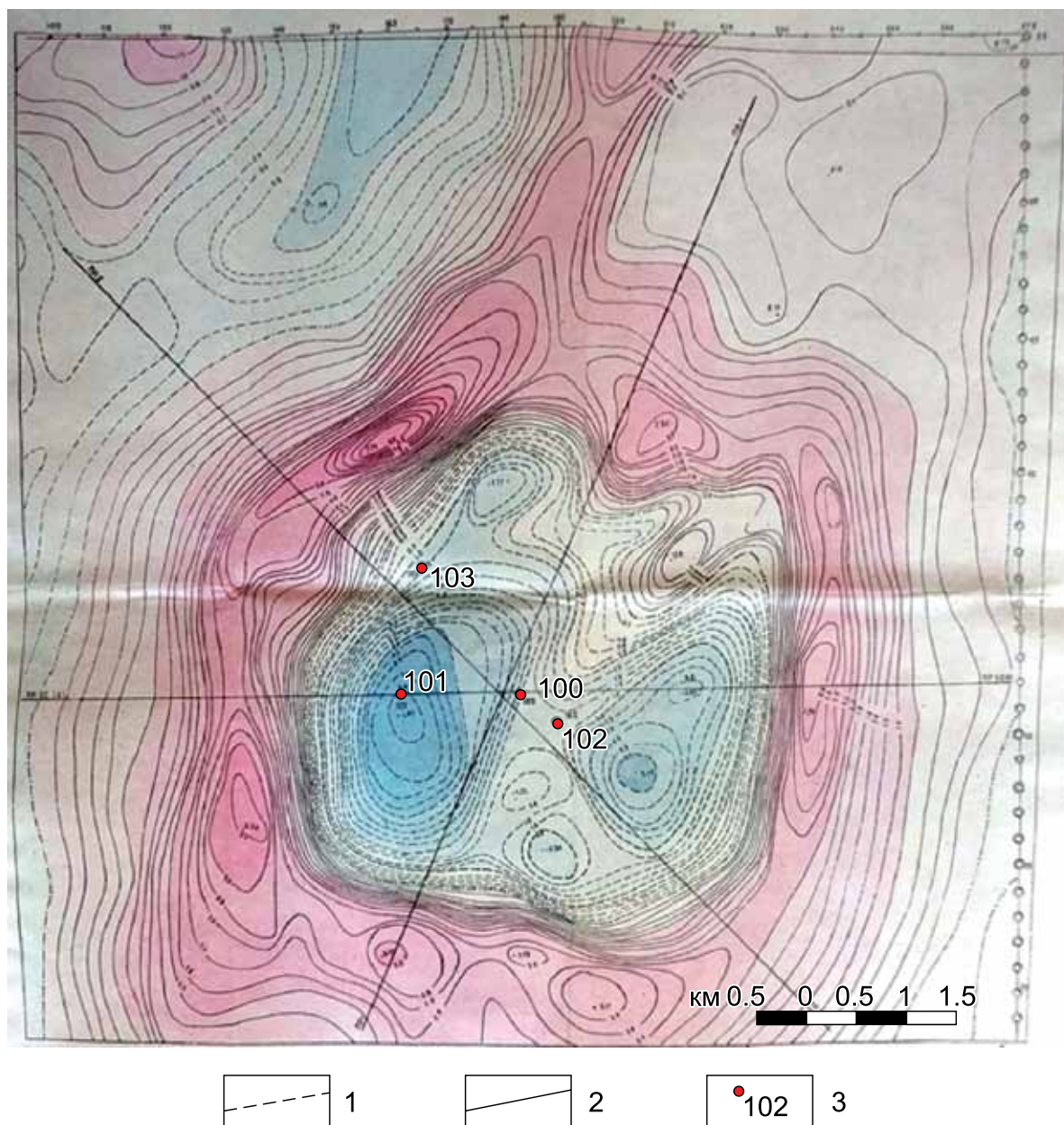


Рис. 12. Карта локальных гравиметрических аномалий структуры Жаманшин (Зайцев и др., 1990).

Аномалии: 1 – отрицательные Δg , 2 – положительные Δg ; 3 – скважины.

Fig. 12. Map of local gravimetric anomalies of the Zhamanshin structure (Zaitsev et al., 1990).

Anomalies: 1 – negative Δg , 2 – positive Δg ; 3 – wells.

О жаманшинитах и иргизитах

В качестве аргументов в пользу гипотезы метеоритного происхождения структуры Жаманшин рассматриваются различные “молодые” стекла и шлаки. Эти породы сильно отличаются по облику, размерам, составу и не известны в других метеоритных структурах мира. обстоятель-

ную характеристику стекол и шлаков выполнил П.В. Флоренский. Одну группу пород он отнес к импактитам – результатам расплава при ударе метеорита, назвал их жаманшинитами и подразделил на основные и кислые. Ко второй группе импактитов П.В. Флоренский отнес мелкие стеклянные образования разного (в основном кислые) состава, сходные с тектитами, и дал им название

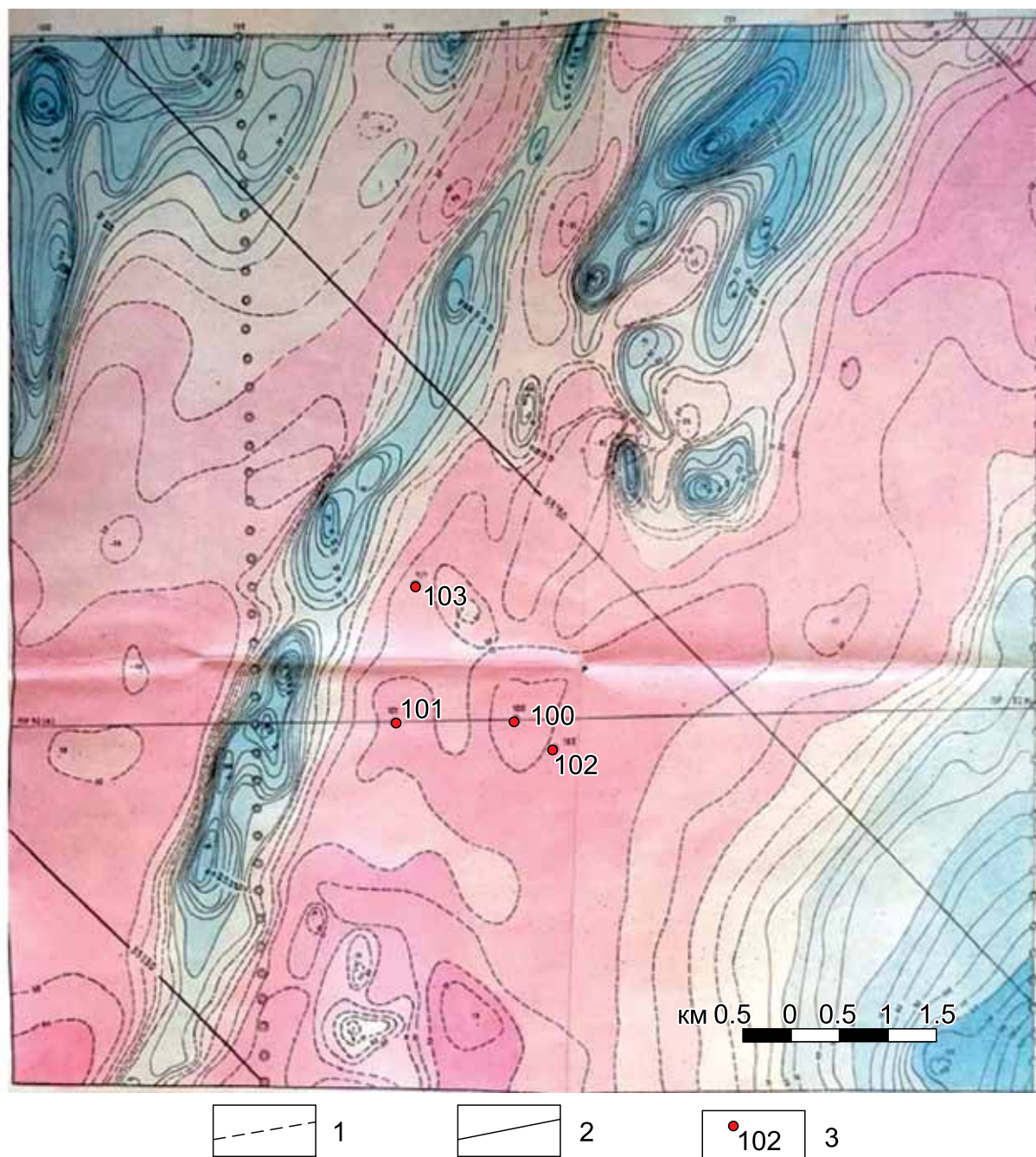


Рис. 13. Карта аномального магнитного поля структуры Жаманшин (Зайцев и др., 1990).

Аномалии: 1 – отрицательные ΔT , 2 – положительные ΔT , 3 – скважины.

Fig. 13. Map of the anomalous magnetic field of the Zhamanshin structure (Zaitsev et al., 1990).

Anomalies: 1 – negative ΔT , 2 – positive ΔT , 3 – wells.

“иргизиты”. Следует подчеркнуть, что за пределами кратера стекла и выбросы материала из кратера не встречаются.

Жаманшиниты в виде стекол и шлаков имеют черный, серо-коричневый, бледно-желтый цвет,

они тонкополосчатые или с затыливым узорчатым флюидальным рисунком. Черные блестящие стекла аналогичны обсидианам, а некоторые пузырчатые шлаки похожи на шлаки доменных печей. В стеклах под микроскопом установлены точечные и

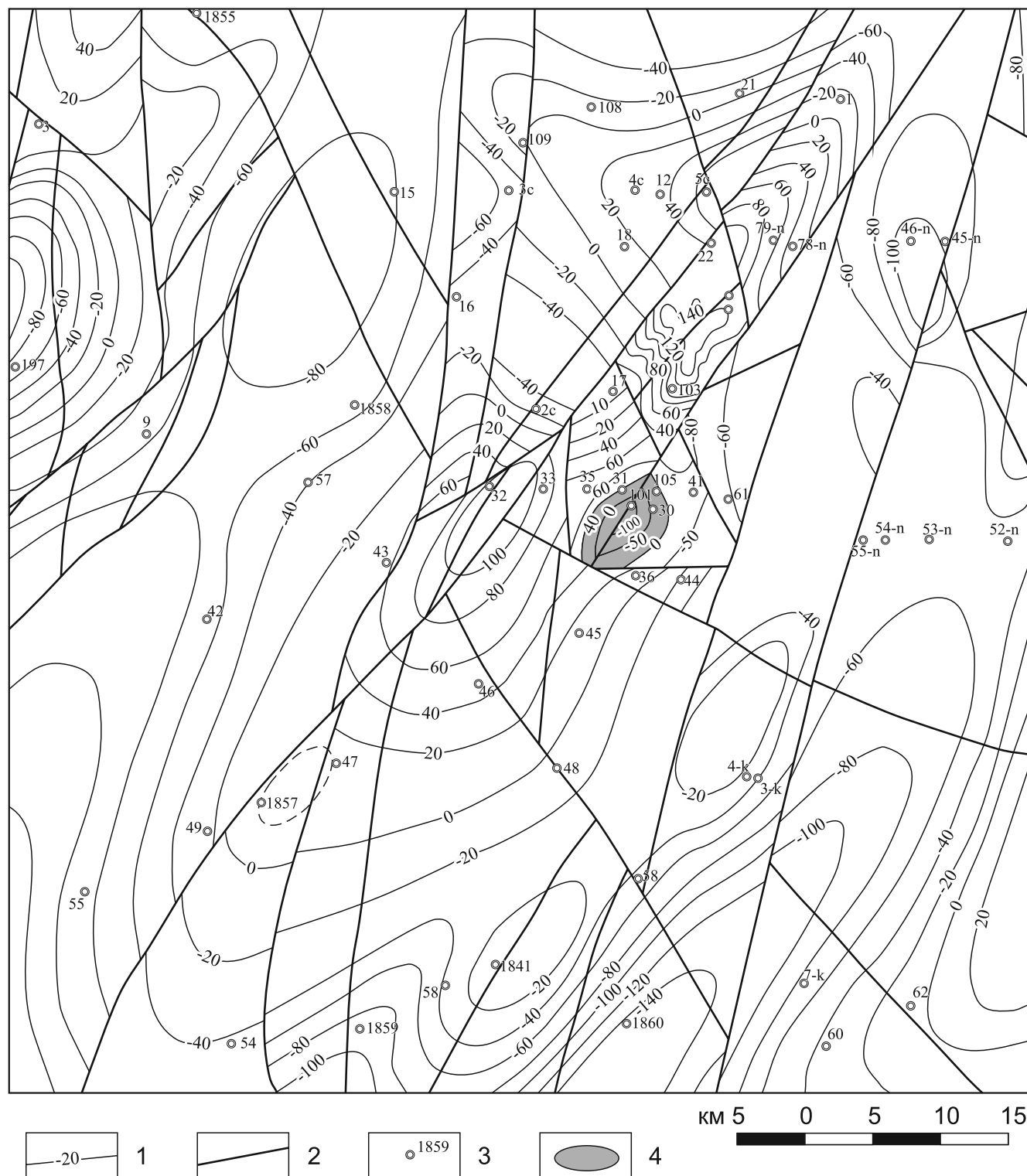


Рис. 14. Структурная схема по подошве мезозоя.

1 – изогипсы поверхности фундамента; 2 – разломы; 3 – скважины, вскрывшие палеозой, по (Пронин, Бабанова, 1989) с изменениями; 4 – структура Жаманшин.

Fig. 14. Structural scheme for the sole of the Mesozoic.

1 – isohypses of the foundation surface; 2 – faults; 3 – wells that have opened Paleozoic, according to (Pronin, Babanova, 1989) with changes; 4 – Zhamanshin structure.

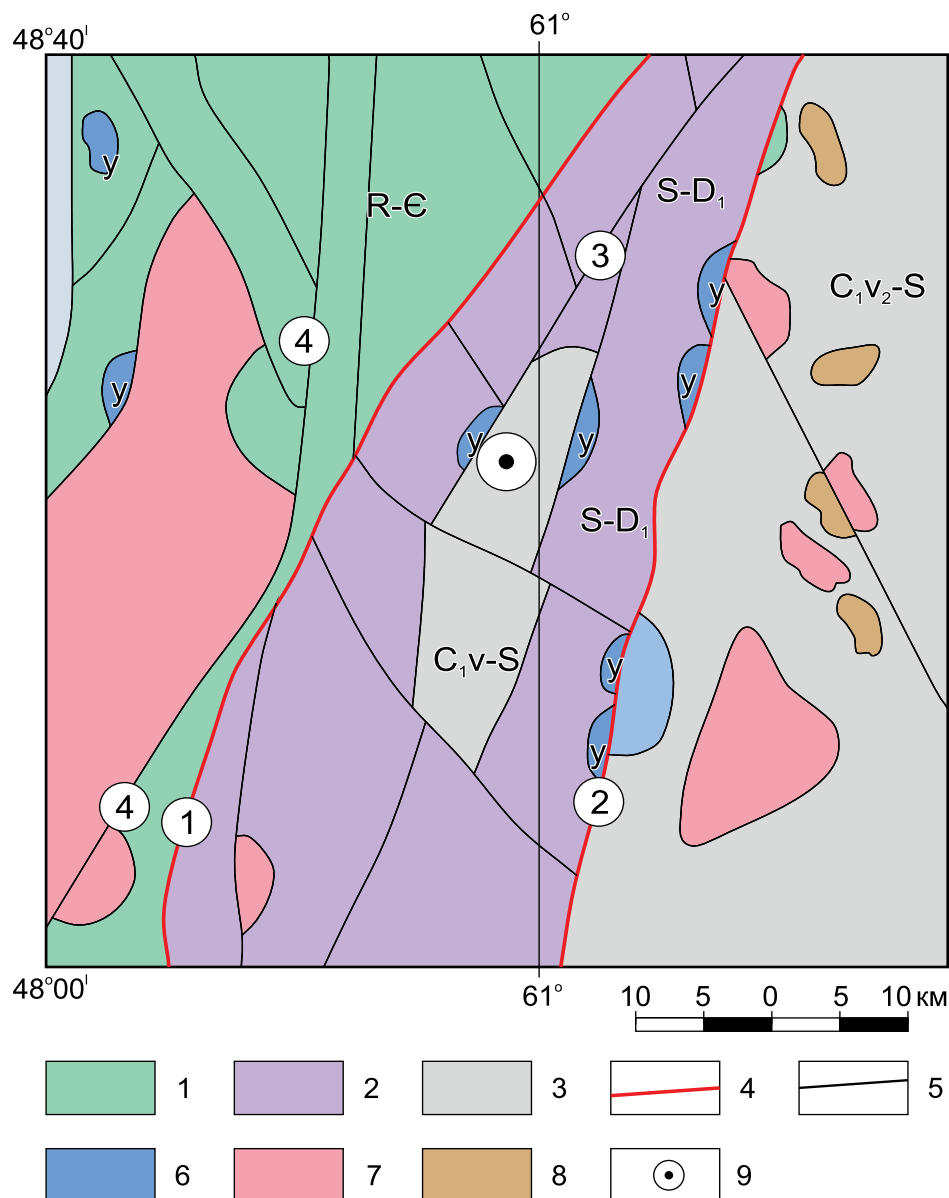


Рис. 15. Тектоническая схема домезозойских отложений, по (Пронин, Бабанова, 1989) с изменениями.

1 – рифей-кембрийские сланцы, гнейсы; 2 – силур-нижнедевонские сланцы, кварциты, туфы, базальты, известняки (Денисовская коллизийная зона); 3 – нижнекаменноугольные вулканогенно-осадочные породы (Валериановская вулканическая зона); 4 – глубинные разломы (1 – Иргизско-Тобольский, 2 – Ливановский); 5 – крупные разломы (3 – Жаманшинский, 4 – Карашетауский); 6 – ультрабазиты; 7 – гранитоиды; 8 – габброиды; 9 – структура Жаманшин.

Fig. 15. Tectonic scheme of pre-Mesozoic deposits according to (Pronin, Babanova, 1989) modified.

1 – Riphean-Cambrian shales, gneisses; 2 – Silurian-Lower Devonian shales, quartzites, tuffs, basalts, limestones (Denisovskaya collision zone); 3 – Lower Carboniferous volcanic-sedimentary rocks (Valerianovskaya volcanic zone); 4 – deep faults (1 – Irgizsko-Tobolsky, 2 – Livanovsky); 5 – large faults (3 – Zhamanshinskiy, 4 – Karashetauskiy); 6 – ultramafic; 7 – granitoids; 8 – gabbroids; 9 – Zhamanshin structure.

пятнистые выделения окислов железа и непрозрачного рудного минерала. Определены также легкие (плавают в воде) пемзы серо-белого цвета, многочисленные пустоты в пемзе заполнены рыхлым снежно-белым аморфным кремнеземом (Костик, Пиля, 1973).

Иргизиты представлены в виде частиц причудливой формы размером до 1–3 см. Они установлены на востоке Жаманшина в 3–4 небольших участках, где они залегают на палеогеновых глинах или в четвертичной аллювии. Иргизиты встречаются только вместе с жаманшинитами или в делювии у

подножия сопок, на вершинах и склонах которых имеются жаманшиниты (Бойко, 1989).

Жаманшиниты и иргизиты установлены по периферии структуры на нескольких разрозненных небольших участках размером 30–150 м, удаленных друг от друга на многие сотни метров (Бойко, 1989; Изох, 1991). На западе в местах развития сланцев нижнего палеозоя они отсутствуют. На вершинах холмов стекла обычно залегают полосами среди раздробленных вулканогенно-осадочных каменноугольных пород, в том числе на туфобрекчиях и туфоконгломератах, отнесенных Л.И. Киселевым (1971) и Г.А. Костиком (Костик, Пилия, 1973) к жерловым фациям вулканов. Ширина полос 3–5 м при длине до 50 м. Полосы состоят из остроугольных глыб размером до 0.4–0.5 м и мелкого щебня.

На склонах холмов стекла и шлаки лежат на палеогеновых глинах в виде отдельных обломков и глыб или сгруппированных в небольшие полосы. Куски стекла и шлака не обнаруживают следов перемещения, они не окатаны и не имеют сортировки по размерам, соседние фрагменты легко воссоединяются в бомбы или крупные глыбы. На востоке структуры в трех субмеридиональных невысоких грядах на вершинах установлены глыбы основных жаманшинитов размером до 1 м. На вершине одной гряды обломки шлаков и стекол образуют полосу длиной 15 м при ширине 1–2 м. Создается впечатление, что шлаки “стекали” с холмов вниз, в результате чего подстилающие их зеленые глины местами покраснели. Стекла разноцветные, иногда тонкополосчатые, пузырчатые, местами с флюидальной текстурой. Нельзя исключать, что это техногенные шлаки. Для выплавки железа здесь имелись все условия: железные руды в карбоне и олигоцене, наличие воды и деревьев (саксаула и туранги). Ранее район был заселен, в нем насчитывается более 50 памятников (мавзолеев) Средневековья. Через этот район прошло несколько волн переселенцев, в том числе тюрков. Новосибирские ученые на берегу р. Чуя на Алтае обнаружили остатки древнетюркских сыродутных железоплавильных печей 5–7 вв. н.э.

По краю кратера в канавах глубиной до 2 м жаманшиниты имеют как пластовое залегание на дислоцированных палеогеновых глинах, так и субвертикальное с образованием небольших даек внедрения в глины. При этом с одной стороны даек падение глин пологое, с другой – крутое (Костик, Пилия, 1973; Кузнецов, 1974). Такие дайки местами образуют небольшие покровы (Бойко, 1989). Сходные дайки мощностью в первые метры вскрыты скважинами в центре кратера в основании глинистого разреза, где они состоят из обломков вулканитов палеозоя и мелких обломков стекол (Зайцев и др., 1990).

Изучением состава, возраста и происхождения стекол Жаманшина с 1983 г. по специальной программе активно занимались ученые СО АН СССР

во главе с Э.П. Изохом (Изох и др., 1990; Исох, 1991). Он установил, что основные жаманшиниты, представленные крупными обломками стекол в восточной части кратера, по составу являются почти полным аналогом андезитов и андезитобазальтов карбона. Э.П. Исох назвал эти стекла андезитоидами с переходами их от андезитов через диаплектиты, шлаки и пемзы к гомогенным бомбам.

Установление природы кислых жаманшинитов и иргизитов остается, по П.В. Флоренскому (Флоренский, Дабижа, 1980; Флоренский, Диков, 1981), трудноразрешимой задачей, так как они сложены изотропным стеклом, в котором практически нет включений из пород мишени. Без включений однозначно решить задачу об исходных породах импактитов не удастся. Ни жаманшиниты, ни иргизиты не встречены в других метеоритных кратерах мира. Жаманшин – единственное место с такими уникальными породами. И уже это должно настоятельно исследователей. В достоверных метеоритных кратерах мира стекла (зювиты) содержат частицы пород мишени. Происхождение кислых жаманшинитов трактуется по-разному. Л.И. Глазовская и В.Л. Масайтис (1998) считают, что они результат ударного расплава кремнистых пород нижнего палеозоя. В. Боушка к исходным породам относит палеогеновые глины и пески; Б.П. Гласс и В.И. Фельдман предполагают, что формирование кислых жаманшинитов и других тектитов происходит при первом касании и расплавлении почвы или лессов (Изох, 1991). По Э.П. Изоху, кислые жаманшиниты и иргизиты не имеют аналогов среди пород мишени.

П.В. Флоренский и В.Л. Масайтис отнесли иргизиты к тектитам и связали их образование с конденсацией расплавов в атмосфере после импактного события. Но как объяснить выпадение иргизитов точно в кратер и в виде компактных пятен? Я.И. Бойко считает, что иргизиты и жаманшиниты – это части бомб, образующихся, по его мнению, из ударных расплавов. Поверхность жаманшинитов покрыта стекловатой коркой с причудливыми выступами и завитушками. Эта корка при выветривании и образует скопления иргизитов в делювии (Бойко, 1989). С этим согласен и Э.П. Исох (1991).

Связь тектитов (от греч. *тектос* – оплавленный) с метеоритными кратерами на Земле не доказана. Эти стекловидные зеленые, реже черные тела разных формы и размера (обычно мелкие, до 1 см) образуют обширные поля рассеивания в разных невулканических частях земного шара (Австралия, Африка, Вьетнам и др.).

Э.П. Исох кислые жаманшиниты и иргизиты по отсутствию включений вмещающих пород и на основании сходства их составов с текритами Австрало-Азиатского пояса относит к внеземным, но вулканическим образованиям, доставленным на Зем-

лю ледяными кометами (Изох, 1991). По его предположениям, одна ледяная комета образовала кратер, а вторая – высыпала порцию иргизитов.

Отдельные образцы жаманшинитов и иргизитов изучали исследователи из ИГЕМа во главе с Т.А. Горностаевой (Горностаева и др., 2017, 2019). По их расчетам, тектиты и иргизиты при их размерах в несколько миллиметров и даже первых сантиметров не могли образоваться из конденсатных паров силикатов. Размер затвердевших конденсатных капель, по их заключению, не превышает сотен нанометров, и их рост до сантиметра невозможен. Они также сравнили состав стекол Жаманшина и Луны, выявив при этом что многие их образцы имеют сходное строение и состав.

В качестве аргументов импактного события на Жаманшине приводятся данные о наличии в жаманшинитах коэсита, планарных структур кварца, никеля, титана, хрома, иридия (Флоренский, Дабига, 1980; Глазовская, Масайтис, 1998). Но коэсит как индикатор сверхвысоких давлений встречается во всех коренных месторождениях алмазов мира (кимберлитах) и, что важно, в эклогитах. Последние не содержат алмазов, что, по Н.В. Соболеву (2006), указывает на формирование коэсита при давлениях, не обеспечивающих переход графита в алмаз. Как известно, эклогиты формируются в зонах субдукции с высокими давлениями. Так, максютовский комплекс Урала связан с магнитогорской сутурно-коллизийной зоной и обнажен. Он сложен различными высокобарическими, в том числе глаукофановыми и графитистыми, сланцами, кварцитами с телами эклогитов, серпентинитов, метабазальтов, метагаббро. С этим комплексом связаны не только проявления, но и месторождения никеля, титана и хрома. А в эклогитах комплекса, по Н.Л. Добрецову (Добрецов и др., 1988), установлен коэсит. Приуроченность структуры Жаманшин к сутурно-коллизийной зоне объясняет эти особенности стекол. В пределах структуры и по ее периферии установлен сходный с максютовским комплекс пород, также с повышенными содержаниями никеля, хрома (Пронин, Бабанова, 1989).

Время возникновения стекол трактуется неоднозначно и представляет, на наш взгляд, основную загадку Жаманшина, которую надо разгадать. По данным калий-аргонового метода, возраст кислых стекол колеблется от 58 до менее 1 млн лет. По палеомагнитным данным, шлаки в восточной части кратера имеют обратную намагниченность, это П.В. Флоренский связал с самой молодой эпохой Матуя. С учетом в основном палеомагнитных данных возраст иргизитов и кислых жаманшинитов принят за равный 0.69–0.85 млн лет. Но ориентировка намагниченности является, скорее, вторичной, связанной с тектоническими перемещениями в конце плиоцена – квартере. Э.П. Изох с соавторами (1990) по трековому анализу кислых жа-

маншинитов получили значения 0.75–1.1, а по основным – не более 0.1 млн лет. Кроме того, в качестве подтверждения голоценового возраста ими приводится залегание суглинков со спорово-пыльцевыми комплексами голоцена на дислоцированных породах палеогена. Эти представления о голоценовом возрасте обоснованно отверг В.Л. Масайтис. Он считает трековый анализ ненадежным из-за несовершенства подсчета треков и потерь за счет природного отжига (Масайтис и др., 1980). По современным представлениям, этот анализ позволяет судить о времени последней тектонической активизации, но надежно определить возраст можно только по апатиту. А возраст такой активизации в Северном Приаралье плиоценовый. С голоценовым возрастом импакта не согласуются и данные археологов. Они установили, что из этих стекол на Жаманшине в палеолите 10–25 тыс. лет назад человек изготовлял ножи и наконечники стрел. Совместное залегание вулканитов карбона, жаманшинитов и иргизитов позволяет предположить каменноугольный возраст стекол. Активные тектонические движения в плиоцене, вероятно, привели к “омоложению” их возраста за счет повышенных температур и отслоения от вулканических бомб поверхностных наростов – иргизитов.

Таким образом, следует констатировать, что, с современных позиций, имеющиеся датировки стекол недостоверны, необходимо опробовать новые, современные методики, но их применение будет затруднено из-за особенностей состава стекол.

ОБСУЖДЕНИЕ

Геолого-геофизические материалы по структуре Жаманшин не дают оснований для отнесения ее к метеоритному кратеру. Аргументы сторонников метеоритной гипотезы являются неоднозначными или умозрительными.

В рельефе “кратер” не имеет четкого выражения – это полого наклоненная на восток лощина, окруженная разрозненными сопками с обнажениями палеозоя и расчлененная многочисленными водотоками.

Предполагалось, что в основании кратера образовалось “озеро” расплавленных пород мощностью до 10 м и массой 100 млн т (Флоренский, Дабига, 1980). Бурением установлено, что под осадочным чехлом в кровле палеозоя отсутствуют предполагавшиеся импактные переплавленные тела, а количество “импактитов” на поверхности измеряется тоннами.

С увеличением глубин брекчированность палеозойских отложений не уменьшается и даже растет. Установлена крутая сланцеватость (45–60°) и будинаж.

В “кратере” мел-палеогеновые породы лежат не хаотично, что предполагали сторонники метео-

ритной гипотезы, а образуют крутые складки, часто перевернутые, но с последовательным залеганием слоев. При этом глины не несут следов термического воздействия. В глинах наблюдается зеркала скольжения и субвертикальная сланцеватость, что также обусловлено тектоническими процессами. Стекла установлены только в низах мел-палеогенового осадочного разреза и в коре выветривания.

Жаманшиниты и иргизиты не известны в других достоверных метеоритных кратерах, а на структуре Жаманшин они залегают вместе с вулканитами карбона.

Не найдено следов метеоритного вещества. Наличие в стеклах заметных количеств никеля и иридия связано не с метеоритом, а с контактом вулканитов с серпентинитами. В районе Жаманшина в серпентинитах установлены повышенные содержания никеля, кобальта, хрома. Высокие содержания иридия известны в серпентинитах на Урале, близ Миасса.

Таким образом, можно констатировать, что практически все аргументы в пользу метеоритного происхождения структуры Жаманшин являются гипотетическими, а приведенные данные позволяют сделать более реалистический вывод о формировании структуры Жаманшин глубинными тектоническими и геологическими процессами. Структура располагается на продолжении Восточно-Уральской (Денисовской) сутурно-коллизийной зоны с палеозойскими меланжированными ультрабазитами, глубоководными кремнистыми сланцами, метаморфическими породами, вулканитами, разнообразными интрузивными образованиями. После коллизии в середине карбона район структуры и все Северное Приаралье до начала мела оставались областью денудации. Осадконакопление началось в мелу, до маастрихта оно происходило в озерно-аллювиальных условиях с накоплением толщи до 300 м терригенных пород. По периферии структуры Жаманшин мощности мела сокращены до первых десятков метров, а в пределах структуры они не отлагались, и здесь установлена только линейная кора выветривания под эоценовыми морскими глинами. С маастрихта и до конца эоцена в регионе и во всем Тургайском прогибе установились морские условия. Отложения маастрихта, палеоцена и низов эоцена по периферии структуры представлены маломощными (метры) прибрежными фациями. В маастрихте–палеоцене структура представляла собой расчлененную округлую возвышенность с кольцом палеозойских пород по краям и котловиной в середине. Эта возвышенность связана, вероятно, с эродированной каменноугольной кальдерой, на что указывают жерловые фации – туфоконгломераты и туфобрекчии, современная морфология, глубина залегания палеозоя (до 300 м).

В течение палеогена эта возвышенность с останцами по круговому валу высотой в десятки метров была перекрыта морскими осадками. В олигоцене–миоцене район структуры перекрыли континентальные терригенные породы мощностью до 70–80 м. В плиоцене район подвергся активным сдвиго-надвиговым движениям с формированием Тасаранской мегаантиклинали с Жаманшинским, Северо-Жаманшинским и Тасаранским поднятиями. Иргизско-Тобольский сдвиго-надвиг ограничил и поднял западное крыло структуры Жаманшин, а оперяющие разломы привели к формированию и проседанию округлой впадины вокруг палеозойской кальдеры в центре Жаманшина. Последующие эрозионные процессы удалили более 200 м осадочных пород. В результате на поверхность по периферии структуры были выведены захороненные палеозойские останцы, окруженные палеогеновыми глинами. И они, как стержни, сохраняют холмы. Эти останцы после выведения на поверхность частично разрушены, и их обломки по склонам лежат на палеогене без следов окатанности и высоких температур. Для проверки этого вывода достаточно пробурить наклонную мелкую скважину глубиной до 100 м под современный останец, он, по нашим представлениям, будет выступом палеозоя, а не выброшенной метеоритом глыбой. Это надо сделать, чтобы Жаманшин не стал памятником увлекательной, но сказочной метеоритной гипотезы (есть предложения по созданию там заказника).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдулин А.А., Цирельсон Б.С. Быкадоров В.А. (1976) Тектоника области сочленения структур Урала, Тянь-Шаня и Центрального Казахстана. Алма-Ата: Наука, 237 с.
- Атлас литолого-палеогеографических, структурных, палинспастических и геоэкологических карт Центральной Евразии. (2002) (Гл. ред. С.Ж. Даукеев и др.). Алматы, 30 с.
- Бойко Я.И. (1983) Строение мелких метеоритных кратеров Жаманшин (Казахстан). *Изв. АН СССР, сер. геол.*, (10), 122-125.
- Бойко Я.И., Гладкова В.И. (1984) Дислокации верхнемеловых отложений в метеоритном кратере Жаманшин. *Бюлл. МОИП*, 59(6), 63-67.
- Бойко Я.И. (1989) Тектиты-иргизиты (условия залегания, особенности состава и связи с импактитами-жаманшинитами). *Изв. АН Каз. ССР, сер. геол.*, (3), 49-54.
- Бойко Я.И., Коробков В.Ф. Баймагамбетов Б.К. (2009) Астролема Жаманшин – нерезализованные и предстоящие исследования. *Уральский геол. журн.*, (6), 40-50.
- Быкадоров В.А., Антипов М.П., Волож Ю.А., Сапожников Р.Б. (2016) Особенности строения палеозойских отложений Тургайско-Сырдарьинского и Устюртского регионов (в связи с перспективами нефтегазоносности глубоких горизонтов осадочного чехла). *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 11(4), 1-43.
- Быкадоров В.А., Смирнов А.В., Ужкенов Б.С., Мазуров А.К., Федоренко О.А. (2004) Палеогеография и

- геодинамика Казахстана и сопредельных территорий. *Геонауки в Казахстане, доклады на МГК32*, Алматы, 39-54.
- Вахрамеев В.А., Яншин А.Л. (1941) Палеозой в Северном Приаралье. *ДАН СССР*, **30**(9), 818-821.
- Вишневский С.А., Пальчик Н.А. (1978) Козсит в брекчиях структуры Жаманшин. *ДАН СССР*, (5), 1264-1274.
- Гарецкий Р.Г., Горшенин С.Е. (1963) Об открытии выходов верхнемеловых отложений в урочище Жаманшин (бассейн р. Иргиз в Северном Приаралье). *ДАН СССР*, **148**(5), 1152-1155.
- Глазовская Л.И., Масайтис В.Л. (1998) Геохимические особенности импактных стекол кратера Жаманшин. *Геохимия*, (7), 668-673.
- Горностаева Т.А., Мохов А.В., Карташев П.М., Богатиков О.А. (2017) Конденсатные стекла кратера Жаманшин / жаманшиниты /. *Петрология*, (1), 3-25.
- Горностаева Т.А., Мохов А.В., Карташев П.М., Богатиков О.А. (2019) Сравнение состава и микроструктуры импактных стекол на примере Земли (кратер Жаманшин) и Луны. *Петрология*, **2**(1), 105-119.
- Добрецов Н.Л., Добрецова Л.В. (1988) Новые данные по минералогии эклогит-глаукофансланцевого максютовского комплекса (Ю. Урал). *ДАН СССР*, **300**, 195-200.
- Есеналинов А.М., Коротовский В.Г., Навасардян Г.П. (1980) Сейсмические исследования метеоритного кратера Жаманшин в Приаралье. *ДАН СССР*, **255**(6), 1450-1453.
- Зайцев А.М., Райхлин А.И., Масайтис В.Л. (1990) Результаты глубинного изучения структуры Жаманшин в 1986–88 гг. Актюбинск.
- Изох Э.П. (1990) Геологические данные о возрасте ударного кратера Жаманшин. *Следы космических воздействий на Землю*. Новосибирск: Наука, 177-187.
- Изох Э.П. (1991) Импактный кратер Жаманшин и проблема тектитов. *Геология и геофизика*, (4), 3-15.
- Изох Э.П., Кашкаров Л.Н., Генаева Л.И. (1990) Возраст стекол ударного метеорита Жаманшин по данным трекового анализа. *Следы космических воздействий на Землю*. Новосибирск: Наука, 188-193.
- Кирюхин Л.Г. (1971) Палеозой и триас Северного и Восточного Приаралья. *Тр. ВНИГНИ*, (105), 73-84.
- Кирюхин Л.Г., Флоренский П.В., Соболев Ю.С. (1969) Загадка Жаманшина. *Природа*, (3), 70-73.
- Кисилев Л.И. (1971) Природа дислокаций юго-восточного обрамления Мугоджар. *Проблемы геологии Западного Казахстана*. Алма-Ата, 73-83.
- Комаров В.Л., Масайтис В.Л. (1995) Еще раз о возрасте и составе импактных стекол кратера Жаманшин. *Геохимия*, (5), 764-768.
- Костик Г.А., Пилия Б.В. (1973) Неогеновые вулканические стекла урочища Жаманшин в Прикиргизье. *Изв. АН СССР, сер. геол.*, (2), 145-148.
- Кузнецов И.И., Плехова К.Р., Ляпичева А.А. (1974) О кайнозойских вулканогенных породах юго-западной части Тургайского прогиба. *Сов. геология*, (2), 142-146.
- Масайтис В.Л., Данилин А.Н., Райхлин А.Н., Машак М.С., Селивановская Т.В., Шаденков Е.М. (1980) Геология астроблем. Л.: Недра, 281 с.
- Пронин В.Г., Бабанова А.М. (1989) Государственная геологическая карта СССР масштаб 1 : 200 000. Листы М-41-XXXI-XXXIV. Объяснит. записка. ПГО Аэрогеология, Москва.
- Соболев Н.В. (2006) Козсит как индикатор сверхвысоких давлений в континентальной литосфере. *Геология и геофизика*, **47**(1), 95-104.
- Флоренский П.В., Дабижа А.И. (1980) Метеоритный кратер Жаманшин. М.: Наука, 125с.
- Флоренский П.В., Диков Ю.П. (1981) Генезис тектитов – причина единства их состава и структуры. *Геохимия*, (6), 809-819.
- Флоренский П.В., Коноваленко А. (2020) Силикоглассы – загадочные падения из космоса. *Природа*, (3), 28-36.
- Яншин А.Л. (1953) Геология Северного Приаралья. М.: Изд-во МОИП, 736 с.
- Bykadorov V.A., Bush V.A., Fedorenko O.A., Filipova I.B., Miletenko N.V., Puchkov V.N., Smirnov A.V., Uzhkenov B.S., Volozh Y.A. (2003) Ordovician-Permian palaeogeography Central Eurasia: development of paleozoic petroleum-bearing basins. *J. Petrol. Geol.*, **26**(3), 325-350.

REFERENCES

- Abduln A.A., Tsirel'son B.S., Bykadorov V.A. (1976) Tectonics of the junction of the structures of the Urals, Tien Shan and Central Kazakhstan. Alma-Ata, Nauka Publ., 237 p. (In Russ.)
- Atlas of lithological-paleogeographic, structural, palinspastic and geocological maps of Central Eurasia. (2002) (Chief editor S.Zh. Daukeev et al.). Almaty, 30 p. (In Russ.) (English)
- Boiko Ya.I. (1983) Structure of small meteorite craters Zhamanshin (Kazakhstan). *Izv. AN SSSR, Ser. Geol.*, (10), 122-125. (In Russ.)
- Boiko Ya.I. (1989) Tektites-irghizites (occurrence conditions, features of composition and relationships with impactites-zhimanshinites). *Izv. AN Kaz. SSR, Ser. Geol.*, (3), 49-54. (In Russ.)
- Boiko Ya.I., Gladkova V.I. (1984) Dislocations of Upper Cretaceous deposits in the Zhamanshin meteorite crater. *Bull. MOIP*, **59**(6), 63-67. (In Russ.)
- Boiko Ya.M., Korobkov V.F., Baimagambetov B.K. (2009) Astrobleme Zhamanshin – unrealized and forthcoming research. *Ural'skii Geol. J.*, (6), 40-50. (In Russ.)
- Bykadorov V.A., Bush V.A., Fedorenko O.A., Filipova I.B., Miletenko N.V., Puchkov V.N., Smirnov A.V., Uzhkenov B.S., Volozh Y.A. (2003) Ordovician-Permian palaeogeography Central Eurasia: development of paleozoic petroleum-bearing basins. *J. Petrol. Geol.*, **26**(3), 325-350.
- Bykadorov V.A., Smirnov A.V., Uzhkenov B.S., Mazurov A.K., Fedorenko O.A. (2004) Paleogeography and geodynamics in Kazakhstan and adjacent territories. *Geosciences in Kazakhstan, reports at MGK32*. Almaty, 39-54. (In Russ.)
- Bykadorov V.A., Antipov M.P., Volozh Yu.A., Sapozhnikov R.B. (2016) Features of the structure of the Paleozoic deposits of the Turgai-Syrdarya and Ustyurt regions (in connection with the prospects for oil and gas potential of deep horizons of the sedimentary cover). *Neftegazovaya Geol. Teoriya i Praktika*, **11**(4), 1-43. (In Russ.)
- Garetskii R.G., Gorshenin S.E. (1963) Add To Selected About the discovery of outcrops of Upper Cretaceous deposits in the natural boundary of Zhamanshin (basin of the Irgiz River in the Northern Prearalie). *Dokl. AN*

- USSR, **148**(5), 1152-1155. (In Russ.)
- Glazovskaya L.I., Masaitis V.L. (1998) Geochemical features of impact glasses from the Zhamanshin crater. *Geokhimiya*, (7), 668-673. (In Russ.)
- Gornostaeva T.A., Mokhov A.V., Kartashev P.M., Bogatkov O.A. (2017) Condensate glasses of the Zhamanshin crater / zhamanshinites/. *Petrologiya*, (1), 3-25. (In Russ.)
- Gornostaeva T.A., Mokhov A.V., Kartashev P.M., Bogatkov O.A. (2019) Comparison of the composition and microstructure of impact glasses on the example of the Earth (Zhamanshin crater) and the Moon. *Petrologiya*, **2**(1), 105-119. (In Russ.)
- Dobretsov N.L., Dobretsova L.V. (1988) New data on the mineralogy of the eclogite-glaucophane-schist Maksyutov complex (Yu. Ural). *Dokl. AN SSSR*, **300**, 195-200. (In Russ.)
- Esenalinov A.M., Korotovskii V.G., Navasardyan G.P. (1980) Seismic studies of the Zhamanshin meteorite crater in the Aral Sea region. *Dokl. AN SSSR*, **255**(6), 1450-1453. (In Russ.)
- Florenskii P.V., Dabizha A.I. (1980) Zhamanshin meteorite crater. Moscow, Nauka Publ., 125 p. (In Russ.)
- Florenskii P.V., Dikov Yu.P. (1981) The genesis of tektites is the reason for the unity of their composition and structure. *Geokhimiya*, (6), 809-819. (In Russ.)
- Florenskii P.V., Konovalenko A. (2020) Silicoglasses-mysterious falls from space. *Priroda*, (3), 28-36. (In Russ.)
- Izokh E.P. (1990) Geological data on the age of the impact crater Zhamanshin. *Sat. Traces of cosmic influences on the Earth*. Novosibirsk, Nauka Publ., 177-187. (In Russ.)
- Izokh E.P. (1991) Impact crater Zhamanshin and the problem of tektites. *Geol. Geofiz.*, (4), 3-15. (In Russ.)
- Izokh E.P., Kashkarov L.N., Genaeva L.I. (1990) Age of glasses of the Zhamanshin impact meteorite according to track analysis. *Sat. Traces of cosmic influences on the Earth*. Novosibirsk, Nauka Publ., 188-193. (In Russ.)
- Kiryukhin L.G. (1971) Paleozoic and Triassic of the Northern and Eastern Aral Sea. *Tr. VNIGMI*, (105), 73-84. (In Russ.)
- Kiryukhin L.G., Florenskii P.V., Sobolev Yu.S. (1969) Riddle of Zhamanshin. *Priroda*, (3), 70-73. (In Russ.)
- Kisilev L.I. (1971) Nature of dislocations in the southeastern framing of Mugodzhar. *Sat. Problems of geology of Western Kazakhstan*. Alma-Ata, 73-83. (In Russ.)
- Komarov V.L., Masaitis V.L. (1995) Once again on the age and composition of the impact glasses of the Zhamanshin crater. *Geokhimiya*, (5), 764-768. (In Russ.)
- Kostik G.A., Pilia B.V. (1973) Neogene volcanic glasses of the Zhamanshin tract in the Irgiz region. *Izv. AN SSSR, Ser. Geol.*, (2), 145-148. (In Russ.)
- Kuznetsov I.I., Plekhova K.R., Lyapicheva A.A. (1974) About Cenozoic volcanic rocks of the southwestern part of the Turgai trough. *Sov. Geol.*, (2), 142-146. (In Russ.)
- Masaitis V.L., Danilin A.N., Raikhlin A.N., Mashchak M.S., Selivanovskaya T.V., Shadenkov E.M. (1980) Geology of astroblems. Leningrad, Nedra Publ., 281 p. (In Russ.)
- Pronin V.G., Babanova A.M. (1989) State geological map of the USSR, scale 1 : 200 000. Sheets M-41-XXXI-XXXIV. Explanatory note. PGO Aerogeology, Moscow. (In Russ.)
- Sobolev N.V. (2006) Coesite as an indicator of superhigh pressures in the continental lithosphere. *Geol. Geofiz.*, **47**(1), 95-104. (In Russ.)
- Vakhrameev V.A., Yanshin A.L. (1941) Paleozoic in the Northern Prearalie. *Dokl. AN SSSR*, **30**(9), 818-821. (In Russ.)
- Vishnevskii S.A., Pal'chik N.A. (1978) Coesite in breccias of the Zhamanshin structure. *Dokl. AN SSSR*, (5), 1264-1274. (In Russ.)
- Yanshin A.L. (1953) Geology of the Northern Aral Sea. Moscow, 736 p. (In Russ.)
- Zaitsev A.M., Raikhlin A.I., Masaitis V.L. (1990) Results of in-depth study of the Zhamanshin structure in 1986-88. *Aktobe*. (In Russ.)