

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ КАРСТОВЫХ ФОРМ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АЯЧ-ЯГА (ПОЛЯРНОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ)

Т. Ф. Трегуб, В. А. Елкин*

Воронежский государственный университет

*ОАО «Гидротрубопровод», г. Москва

Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.

Аннотация. В статье рассмотрены причины возникновения и особенности развития карстовых форм в известняках каменноугольного возраста в районе Воркутинского промышленного узла. Описаны геолого-геоморфологическое строение участка, литологический состав заполняющих отложений. На палинологической основе восстановлена палеогеографическая обстановка и хронологические рубежи окончания карстового процесса.

Ключевые слова: карстовые формы, палинология, Воркутинский район.

Abstract. In the article the causes of rise and peculiarity of development of karst forms in Carbon limestones in Vorcuta industry junction area are considered. Geology and geomorphology structure of the area, lithology consist of filled deposits are wrote. On the palynological base the palaeogeography situation and chronological boundaries of the termination of the karst process are reconstruction.

Key words: karst forms, palynology, Vorcuta area

Введение

Несмотря на более чем полувековой период интенсивного хозяйственного освоения территорий Воркутинского промышленного узла, в том числе сложенных потенциально растворимыми породами, изучению карста и основным пространственно-временным закономерностям его развития уделялось относительно малое внимание в немногочисленных опубликованных работах и фондовых материалах¹ [1, 2]. В обобщающей работе по итогам многолетнего изучения инженерно-геологических и геокриологических условий Европейского Северо-Востока [3] приведены отрывочные данные о поверхностной и подземной закарстованности в пределах верховья р. Усы.

В настоящей работе рассмотрены некоторые особенности строения выраженных в современном рельефе карстовых форм, развития карстового процесса и обуславливающих его факторов (в пределах типичного в карстовом отношении ключевого участка) в связи с необходимостью предотвра-

щения, снижения возможных негативных последствий и учета закономерностей карстопоявлений территорий заполярья.

1. Распространение поверхностных карстовых форм и их строение

Изучаемый участок располагается в высоких широтах области распространения многолетнемерзлых пород в условиях малого поступления солнечной радиации и избыточной увлажненности, местоположение которого отображено на рис. 1.

По результатам проведенных в 2007 и 2008 гг. маршрутных обследований участка, характерного в карстовом отношении (площадь 1 км²), отмечено, что поверхностные карстовые формы приурочены к таликовым зонам, которые по характеру растительного покрова (наличие кустарников, обильной травянистой растительности и др.) уверенно идентифицируются по сравнению с окружающей мохово-кустарничковой тундрой.

В пределах участка работ было закартировано 18 поверхностных карстовых форм – воронок, диаметр которых изменяется от 1–2 до 6–7 м, редко встречаются воронки диаметром до 9–12 м. Следует отметить, что глубина большей их части не превышает 1–1,5 м при максимальных значениях в 3–4 м.

¹ Габович И. А. Инженерно-геологические отчеты по объектам строительства Воркутинской ТЭЦ-2. Воркута, 1951–1952 гг.

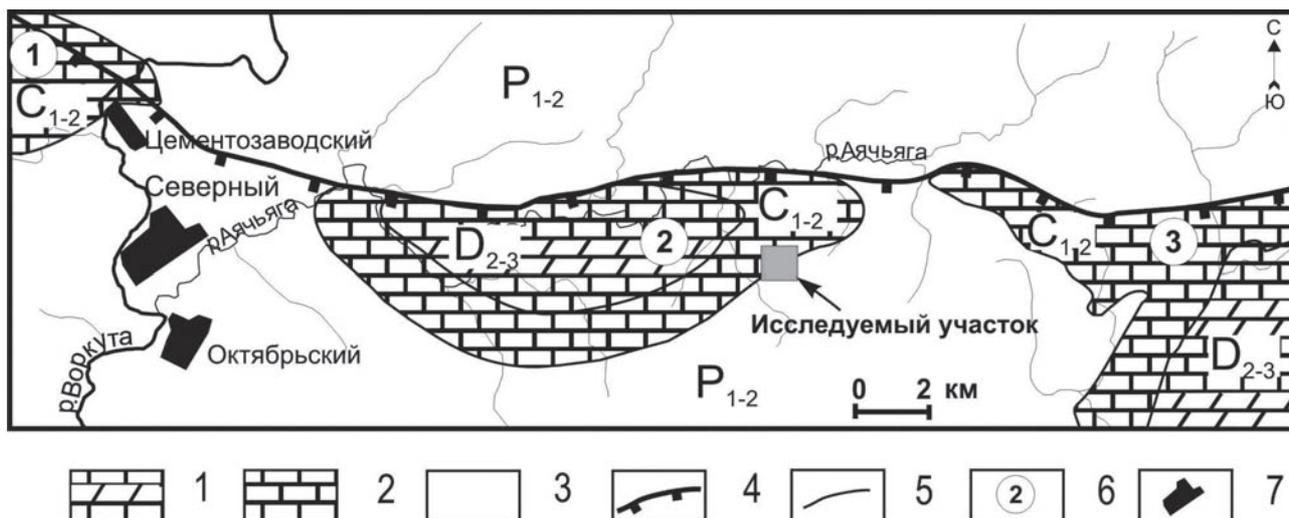


Рис. 1. Обзорная схема местоположения исследуемого участка в пределах поднятия Чернова, совмещенная с картой дочетвертичных пород (с упрощениями).

Стратиграфо-литологические комплексы карстующихся пород: 1 – доломиты, известняки среднего и верхнего девона (D_{2-3}); 2 – известняки нижнего и среднего карбона (C_{1-2}); 3 – песчаники, алевролиты, аргиллиты и пласты углей нижней и верхней перми (P_{1-2}); 4 – тектонический разлом – взброс Чернова; 5 – границы стратиграфо-литологических комплексов; 6 – порядковые номера антиклиналей поднятия Чернова (1 – Изьюрвожская; 2 – Аячягинская; 3 – Малопасашорская); 7 – населенные пункты

Для изучения возраста карстовых форм в наиболее глубокой части воронок были пройдены шурфы с отбором образцов отложений. Минеральный наполнитель не содержал каких-либо органических включений, перспективных для радиоуглеродного датирования, поэтому был выбран палинологический анализ.

Данный вид определений проводился Т. Ф. Трегуб в лаборатории палинологических и микрофаунистических исследований Воронежского государственного университета. Физические свойства образцов отложений определялись в лаборатории ООО «Росгеотест» (г. Домодедово).

На рис. 2 представлены разрезы воронок № 1 (диаметр – 8 м, глубина – 3,5 м), № 2 (диаметр – 9 м, глубина – 3 м). Карстующиеся породы – трещиноватые светло-серые известняки цементозаводской свиты среднего карбона (C_{2cz}). Мощность свиты составляет 85–100 м (ранее свита картировалась как башкирский и московский яруса). Карбонатные породы покрыты толщей нерасчлененных суглинистых отложений (Q_{3-4}), главным образом, элювиально-делювиального генезиса (бурово-коричневых, светло-коричневых и серых). Отобранные образцы отложений из двух воронок в соответствии с показателями ГОСТ 25100-95 отнесены к суглинкам тяжелым пылеватым. Консистенция образцов варьирует от мягкопластичной в верхней части шурфа до тугопластичной в нижней его части.

Содержание обломочного материала составляет: в шурфе воронки № 1 гальки до 30–40 %, гравия до 5–10 %; встречены отдельные валуны и глыбы пород; в шурфе воронки № 2 гравия (дресвы) до 5–10 %, отмечается галька.

В интервале 0,6–0,9 м шурфа воронки № 2 визуально фиксируется переходная зона с большим содержанием обломочного материала и появлением прослоев различной мощности суглинка желтого цвета. С глубины 0,9 м происходит смена светло-коричневого суглинка, залегающего с дневной поверхности, на серый суглинок.

2. Результаты палинологических исследований и обсуждение

Общий состав спорово-пыльцевых спектров характеризуется преобладанием или примерно равным содержанием пыли древесной и травянистой растительности и высокими значениями спор. Древесные породы в основном представлены пылью берез (три секции), ольховника, ивовых. Хвойная формация обозначена слабо и слагается в основном пылью можжевельника, а также представителями ели и сосен двух видов. Травянистая растительность отличается богатым набором видов из 18–22 семейств, при этом практически все виды относятся к арктоальпийской группе растительности. Состав спор достаточно разнообразен и слагается плауновыми, папоротниковидными (в основном многожкковыми), криптограммовыми, гипо-

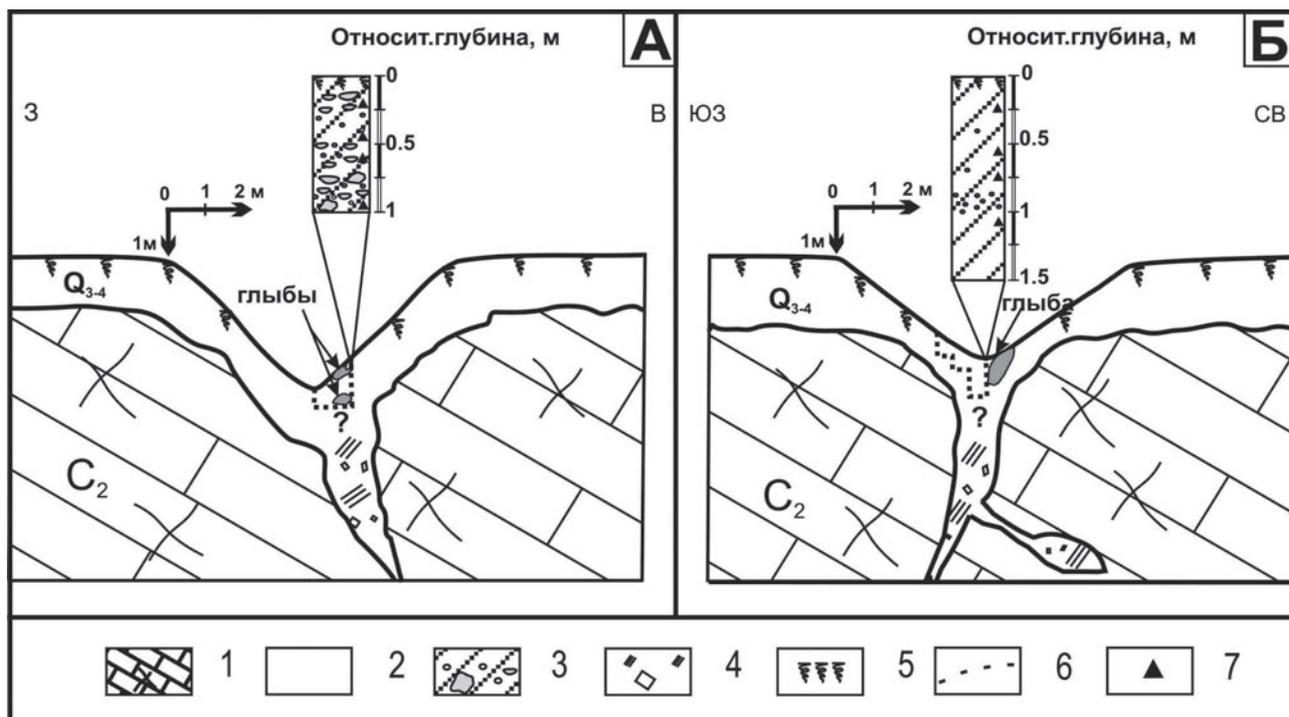


Рис. 2. Схематические геолого-литологические разрезы изученных карстовых воронок (А – № 1; Б – № 2): 1 – известняки среднего карбона (C₂); 2 – покровный нерасчлененный комплекс (edQ₃₋₄); 3 – суглинки с включениями обломочного материала; 4 – переотложенный материал и обломки коренных пород; 5 – почвенно-растительный слой; 6 – профиль шурфа; 7 – точки отбора образцов отложений

леписовыми, ужовниковыми, сфагновыми и зелеными мхами.

На основе анализа как общего состава, так и колебаний в соотношениях элементов, слагающих спектры на спорово-пыльцевой диаграмме, были выделены 4 палинозоны (рис. 3).

I палинозона выделена на основании присутствия в составе хвойных (первые проценты) пыльцы ели (*Picea*). Начальный этап заполнения карстовых воронок, по-видимому, совпадает с конечными фазами одного из интерстадиальных потеплений. В северных и северо-восточных районах Европейской равнины интерстадиалы фиксируются по резкому возрастанию в составе спектров пыльцы ели [4]. На более мягкие климатические условия на момент формирования спектров I палинозоны указывает и максимальное количество пыльцы вида *Betula pubescens* (в ее последние фазы 19,3 %).

Закономерность в распределении пыльцы видов берез *Betula humilis* и *B. nana* указывает на постепенное расширение площади их ареалов за счет нарастания как холода, так и сухости.

В распределении пыльцы ольховника и ивы отмечена обратная тенденция, что, видимо, объясняется их более тесной связью с таежными ассоциациями и эродированными склонами.

Травянистый покров начального этапа заполнения воронок слагался видами 22 семейств, где доминировали следующие: *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Papaveraceae*, *Polygonaceae*, *Polemoniaceae* и *Oxalidaceae*. Виды остальных семейств входили в состав нижнего яруса растительности в качестве примеси, за счет чего их пыльца в спектрах присутствует спорадически.

Среди спор преобладают представители порядка *Bryales* – зеленый мох, многоножковые (*Polypodiaceae* – *Polypodium vulgare*), а также присутствуют гиполеписовые – *Pteridium aquilinum*, ужовниковые – *Botrychium ramosum*, криптограммовые – *Cryptogramma crista*, сфагновые мхи – *Sphagnum sp.* и плауновые – *Diphasium alpinum*. В экологическом отношении все указанные виды тяготеют к тундре, лесотундре, суходольным лугам, сосновым борам с елью, к незадернованным склонам известняков и гранитов, замшелым валунам, стволам старых деревьев.

Вышеизложенное дает право сопоставлять спорово-пыльцевые спектры I палинозоны с конечными фазами одного из интерстадиалов среднего валдая (преддунаевское время – от 47 000 лет до 32 000 лет). Эти этапы детально охарактеризованы палинологическими данными в разрезах Вока и

Галичского озера [5, 6]. В обоих разрезах нашла отражение тенденция, определяющая при смягчении климата увеличение количества пыльцы ели, сосны сибирской и березы древовидной.

II палинозона объединяет две подзоны (А и Б), граница между которыми фиксирует некоторое смягчение климатических условий на фоне общего возрастания криоаридизации. На это указывает полное отсутствие пыльцы ели и в то же время в средней части палинозоны возрастают значения пыльцы сосны сибирской (*Pinus sibirica*) и незначительно – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Одновременно отмечено снижение роли пыльцы карликовой березы (*Betula nana*) и березы пушистой (*Betula pubescens* – *Betula sect. Albae*). В настоящее время сосна сибирская на северном Урале существует в лишайниковом типе леса на сухих почвах. Северная граница березы пушистой расположена в пределах лесотундры и тундры, где она образует низкие редкостойные парковые березняки – криволеся. В тесном симбиозе с карликовой березой находится горец змеинный (*Polygonum bistorta*), который тяготеет к лесным опушкам и кустарниковым зарослям. Это хорошо видно на диаграмме. Кривая семейства *Polygonaceae* в точности повторяет кривую карликовой березы. Существенных колебаний в содержании пыльцы березы кустарниковой (*Betula fruticosa*) не отмечено, что, видимо, объясняется ее экологическими особенностями. Данный вид является гигрофитом, микротермом, факультативным кальцефитом и ассектатором кустарникового яруса на болотах. Площади развития болот во время накопления осадка на прилегающей территории сохраняли свои масштабы примерно на одном уровне, на что указывает кривая содержания спор рода *Sphagnum*.

Возрастание аридизации в целом, вероятно, на данном этапе привело к обмелению рек и обнажению русловых галечников, за счет чего и отмечается некоторое увеличение содержания пыльцы синюховых (*Pilemoniaceae*) и кисличных (*Oxalidaceae*). Виды семейств *Polemonium boreale*, *P. Acutiflorum*, *Oxalis acetosella* в экологическом отношении приурочены к мохово-лишайниковым тундрам, речным галечникам и субальпийским лугам. Кроме этого, снижается роль семейства *Polypodiaceae* и зеленых мхов (*Bryales*). Возможно, это связано не только с понижением среднегодовых температур, но с сокращением продолжительности безморозного периода.

III палинозона отразила самые суровые климатические условия. Она характеризуется резкими колебаниями отдельных элементов растительности. В подзоне А отмечается значительное снижение роли карликовой березы (*Betula nana*), возрастание значений можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica*) и лишь некоторое увеличение количества пыльцы сосны обыкновенной. В то же время расширяют свой ареал представители семейства *Papaveraceae*. В данном разрезе была выделена пыльца мака полярного (*Papaver radicum*) и мака лапландского (преобладает *Papaver lapponicum*). Последний вид является эдификатором тундровых ассоциаций, в том числе и моховых тундр (возрастают значения спор порядка *Bryales*), и описанные колебания, видимо, связаны с расширением ареала тундры как зонального типа растительности, а не климатическими колебаниями. Такой вывод подтверждается тем, что значения всех остальных компонентов остаются на уровне значений верхней части палинозоны II.

IV палинозона отражает постепенное смягчение климатических условий с нарастанием и теплообеспеченности, и влажности от подзоны А к подзоне Б. На это указывает возрастание значений *Betula sect. Albae* (*B. pubescens*), некоторое увеличение численности пыльцы вида *Pinus sibirica*, а также вида *Petasites hybridus* (белокопытник – семейство *Asteraceae*), приуроченного в экологическом отношении к влажным лесным лугам, к сильно обводненным берегам рек и ручьев. Возрастание влажности и обусловило появление в спектре подзоны Б пыльцы ели до 5 %. Такое содержание ели в спектрах указывает на непосредственную близость ее ареала по отношению к изучаемой территории, а состав спектра – на некоторое расширение площади предтундрового редколесья с участием ели.

В целом, за период формирования суглинков обеих карстовых воронок ландшафтная обстановка на прилегающей территории менялась от редколесья близкого (не идентичного) по составу темнохвойным кустарничковым моховым северотаежным лесам с ерниковыми и можжевельниковыми зарослями (I палинозона) до тундровой растительности (II и III палинозоны), близкой к современной растительности южных тундр восточноевропейского типа. Следующий этап характеризуется продвижением таежной растительности урало-западносибирского типа с участием ели.

Подобная последовательность в изменении палеоландшафтной обстановки описана Е. Г. Лап-

тевой [7] для невянского термохрона (50–25 тысяч лет назад) при изучении отложений позднего неоплейстоцена и голоцена на восточном склоне Северного Урала. На этом этапе происходит следующая смена растительных формаций. Перигляциальные кедрово-еловые и сосново-березовые редколесья замещаются перигляциальной лесотундрой, которая в дальнейшем на фоне смягчения климата была преобразована в перигляциальную лугово-степную формацию с участием сосново-березовых и еловых редколесий.

Анализ данных палинологических исследований торфяников на Приполярном Урале [8], а также результатов изучения динамики растительности полуострова Ямал в голоцене [9] не позволяет сопоставлять вышеописанные спорово-пыльцевые спектры с палеоландшафтными реконструкциями для голоцена ввиду постоянного присутствия в спектрах пыльцы ели. Даже в спектрах из отложений голоцена полуострова Ямал пыльца ели присутствует во всех спектрах в количестве 2–5 %, что указывает на непосредственную близость границы ее ареала по отношению к изучаемой территории.

Заключение

Как показали проведенные исследования, развитие карстового процесса наиболее благоприятно

в пределах таликовых зон, к которым и приурочены все зафиксированные карстовые формы (воронки).

Согласно палинологическому заключению пачка анализируемых суглинков (вскрытой мощностью до 2 м) была сформирована в один из стадиялов среднего валдая, отразив фрагменты предшествующего и последующего интерстадиялов.

Однако палеоботанические материалы не позволяют однозначно интерпретировать карстовые формы в возрастном отношении: с одной стороны, образцами обосновывается относительно древний возраст карстовых форм (образование воронок произошло не ранее 30 тысяч лет назад с последующим их заполнением покровными отложениями), с другой стороны, полностью не исключается предположение об относительно молодом (голоценовом) возрасте, поскольку отсутствуют определения абсолютного возраста заполнителя воронок.

К числу вопросов, требующих дальнейших полевых исследований, следует отнести определение возраста и механизма образования карстовых воронок с привлечением большего количества фактического материала, что в конечном итоге позволит количественно оценивать интенсивность образования провалов в соответствии с действующими нормативными документами [10, 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области РСФСР. Т. 42. – М., 1970. – 228 с.
2. Родионов Н. В. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа / Н. В. Родионов. – М., 1963. – 171 с.
3. Суходольский С. Е. Парагенезис подземных вод и многолетнемерзлых пород / С. Е. Суходольский. – М., 1982. – 152 с.
4. Пахомова О. М. Ландшафтно-климатические условия средневалдайского этапа в Предуральской (Вятско-Камской) провинции / О. М. Пахомова, М. М. Пахомов // Материалы XI Всероссийской палинологической конференции «Палинология: теория и практика». – М., 2005. – С. 196–197.
5. Болиховская Н. С. Изменения растительности и климаторитмика в интервале 39–33 тыс. л. н. по данным палинологического и ОСЛ анализов отложений валдайского времени в разрезе Вока, С-В Эстония / Н. С. Болиховская, А. Н. Молодьков // Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. – М., 2007. – С. 36–39.
6. Величко А. А. Позднечетвертичная история растительности Костромского Заволжья по данным палинологического изучения донных осадков Галичского

озера / А. А. Величко [и др.] // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – М., 2001. – № 64. – С. 5–20.

7. Лаптева Е. Г. Климатостратиграфия и этапы развития растительного покрова восточного склона Урала во второй половине позднего неоплейстоцена и голоцена (по палинологическим данным из рыхлых отложений карстовых полостей) / Е. Г. Лаптева // Мат-лы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – М., 2007. – С. 125–129.

8. Антипина Т. Г. Палинологическое исследование торфяников на Приполярном Урале / Т. Г. Антипина, Н. К. Панова // Сборник научных трудов XII Всероссийской палинологической конференции. Палинология: Стратиграфия и геоэкология. – СПб., 2008. – Т. II. – С. 49–55.

9. Лаптева Е. Г. Новые данные по динамике растительности центральной части полуострова Ямал в голоцене / Е. Г. Лаптева, С. С. Трофимова // Материалы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – Новосибирск, 2009. – С. 339–345.

Т. Ф. Трегуб, В. А. Елкин

10. *Елкин В. А.* Методические аспекты количественной оценки карстового экономического риска для трубопроводов / В. А. Елкин, А. В. Аникеев // Сергеевские чтения. – М., 2007. – Вып. 9. – С. 200–206.

11. Природные опасности России. Оценка и управление природными рисками. – М., 2003. – 320 с.

Рецензент Г. В. Холмовой

*Воронежский государственный университет
Т. Ф. Трегуб, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник НИИ Геологии
Тел. 8-905-651-69-45
ttregub108@yandex.ru*

*Voronezh State University
T. F. Tregub, the Candidate of Geography Science, leading scientist, SII of Geology
Tel. 8-905-651-69-45
ttregub108@yandex.ru*

*ОАО «Гидротрубопровод», г. Москва
В. А. Елкин, ведущий инженер
Тел. 8-459-950-86-50
eyolkin@mail.ru*

*OAS "Gidrotruboprovod", Moscow
V. A. Elkin, leading inginie
Tel. 8-495-950-86-50
eyolkin@mail.ru*