



УДК 624.131.543

## ХРОНИКА

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А.Трегуб, А.И.Трегуб

*Воронежский государственный университет*

В соответствии с существующими представлениями [1,2] под термином «карст» понимаются процессы растворения легко растворимых пород, формы рельефа, которые при этом образуются, а также совокупность отложений, приуроченных к этим формам. Карст среди экзогенных процессов занимает особое место, которое определяется тем, что наблюдающиеся формы чаще всего полигенетичны. Собственно растворение обычно определяет начальные этапы развития карстовых форм. По мере увеличения их размеров все большее значение приобретают водная эрозия, гравитационные процессы, суффозия и пр. Их кооперативное действие приводит к нелинейности карстового морфогенеза, что существенно осложняет создание статических, динамических, а также прогностических и ретроспективных моделей карстообразования.

Классификации карста весьма разнообразны [2]. В морфологическом отношении выделяют три группы карста: поверхностный, глубинный и комбинированный (провальный); по геологическому строению разрезов карстовых массивов: открытый (голый), покрытый и перекрытый [3]; среди основных его литологических типов: галоидный, сульфатный, сульфидный, силикатный и карбонатный [2]. Карбонатный карст, в свою очередь, делится на известняковый, доломитовый и меловой (мел-мергельный). В силу широкого развития карбонатных пород карбонатный карст наиболее распространен. Вместе с тем, среди других литологических типов он наиболее сложен в физико-химическом отношении. В основе растворения карбонатных пород лежит преобразование карбоната кальция в бикарбонат. Оно регулируется содержанием в воде углекислого газа. Это содержание зависит от многих причин, среди которых температура воды является наиболее важной, поскольку напрямую обусловлена параметрами климата. Карбонатный карст по этой причине делится на ряд климатических типов, среди которых карст умеренного климата (классический карст) и карст влажных тропиков (тропический карст) занимают наиболее важное место [1,2]. Карстовые проявления принято делить на активные, развивающиеся в настоящее время, реликтовые, утратившие свою активность по той или иной причине, и погребенные.

Среди геологических условий развития карста важнейшее значение имеют литологические,

связанные с составом и характером распространения потенциально карстующихся пород в разрезе и по площади; структурно-тектонические (и неотектонические, в частности), определяющие интенсивность трещиноватости пород, величину вертикального и горизонтального расчленения поверхности, запасы ее потенциальной энергии, общую активность экзогенных процессов, мощность зоны аэрации, динамику подземного и поверхностного стока; палеогеографические (историко-геологические), обуславливающие возможность и специфику развития карста в геологическом прошлом.

Степень изученности карбонатного карста на территории Воронежской области вряд ли можно назвать удовлетворительной. Если географическим аспектам формирования современных карстовых ландшафтов посвящено большое количество работ, охватывающих всю Восточно-Европейскую равнину или ее отдельные части [4-6], то геологии карста пока посвящены редкие публикации [7,8]. Вместе с тем геологические аспекты изучения карста наряду с географическими имеют важное значение при инженерно-геологических изысканиях, гидрогеологических и геоэкологических исследованиях. Древние проявления карста, развивающиеся в парагенезисе с другими процессами в корях выветривания, тесно связаны с возникновением целого ряда месторождений полезных ископаемых. Все это обуславливает настоятельную необходимость комплексного подхода к изучению карста, разработке новых методик картирования его проявлений как на новейшем этапе геологического развития территории, так и в отдаленном геологическом прошлом. В целом при изучении геологических условий развития карбонатного карста территории Воронежской области можно наметить ряд наиболее важных направлений: 1 – картирование и морфологическая систематика как современных так и древних проявлений карста в мел-мергельном и известняковом вариантах; 2 – изучение и классификация карстовых отложений; 3 – исследование литологических свойств потенциально карстующихся пород в тесной связи с тектонической и неотектонической структурой региона; 4 – выделение эпох карстообразования в истории формирования осадочного чехла.

В основу районирования территории Воронежской области по условиям развития экзогенных процессов может быть положена неотектоническая

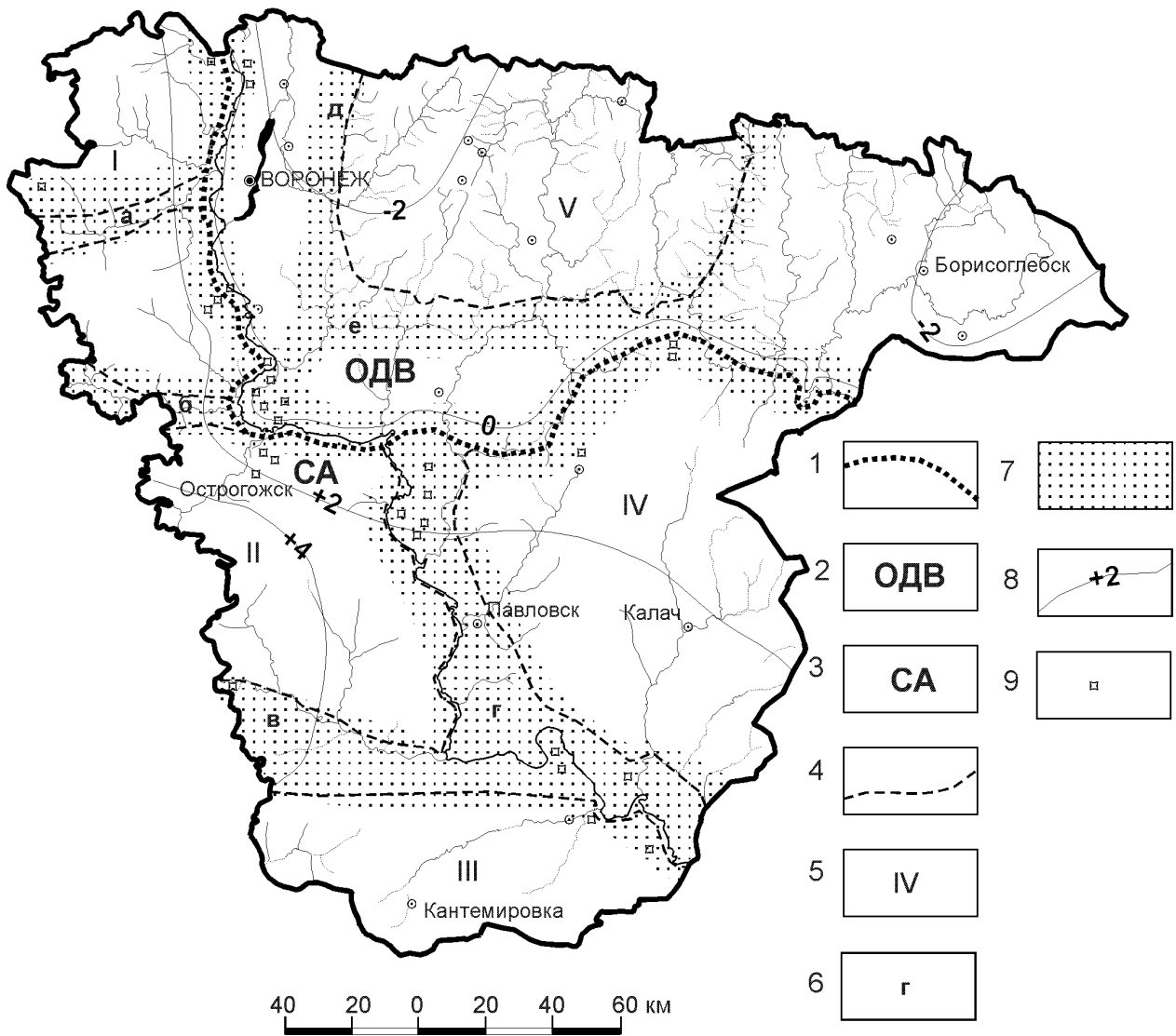
структура этой территории [9]. Неотектонические движения (движения неоген-четвертичного времени) определили каркас современного рельефа, мощность зоны гипергенеза и характер ее разреза в различных частях территории Воронежской области. В структуре новейшего (неогенового и четвертичного) структурно-вещественного комплекса (СВК) основными типами структурных элементов являются пликативные штамповые структуры (поднятия, депрессии, структурные террасы) и разделяющие их области динамического влияния разломов (ОДВР) фундамента, которые образованы парагенезисом пликативных и дизъюнктивных элементов [10]. Воронежская область располагается на сочленении Окско-Донской впадины и Среднерусской антеклизы - пликативных структур первого ранга (рисунок). Граница между ними отчетливо выражена во всех элементах неоген-четвертичного СВК: в рельефе поверхности, наборе генетических типов новейших отложений, их возрастном диапазоне и мощностях. Она также выражена в распределении скоростей современных вертикальных тектонических движений. В структуре кристаллического основания платформы эта граница отчетливо коррелируется с зонами крупных разломов, которые разделяют гетерогенные блоки докембрийского фундамента [11]. Длительная активность разломов в продолжение всего фанерозоя обусловила формирование в надразломном пространстве осадочного чехла зон интенсивной трещиноватости и, как следствие, повышенной проницаемости пород.

В пределах Окско-Донской впадины в разрезе осадочного чехла к потенциально карстующимся породам могут быть отнесены отдельные горизонты девона, представленные в значительной степени известняками и доломитами. В области Среднерусской антеклизы основное значение имеет мелмергельная толща верхнего мела. Строение зоны гипергенеза территории Среднерусской антеклизы неоднородно и подчинено неоструктурному плану. Среди штамповых структур второго ранга здесь выделяются Еманчинское, Острогжское, Кантемировское и Калачское поднятия, границы между которыми представлены Потуданским, Чернокалитвинским и Павловско-Мамонским линейными прогибами, сформированными над крупными зонами разломов в фундаменте: Репьевско-Лискинской, Чернокалитвинской, Лосевско-Мамонской [12].

Еманчинское поднятие располагается на правобережье Дона в бассейнах рек Трещевки, Ведуги,

Девичи и Потудани. Семилукским прогибом [12] поднятие делится на две части: северную и южную. В северной части в строении разреза зоны гипергенеза принимают участие два потенциально карстующихся карбонатных комплекса: верхнемеловой и девонский. Верхнемеловой комплекс представлен в основном туронским и коньякским ярусами. В литологическом отношении [13] туронский ярус сформирован мелом с большой примесью кварцевого песка (особенно в нижних частях разреза), а коньякский более чистым, местами слабо глинистым писчим мелом. Их общая мощность в контурах северной части Еманчинского поднятия достигает 15 м. Подошва карбонатного комплекса во многих местах вскрывается в склонах речных и балочных долин, подстилаясь преимущественно песчаными отложениями сеноманского, альбского, аптского ярусов, а также неокомского надъяруса. Меловая толща перекрыта почти повсеместно ледниковыми отложениями, субаэральными лессово-почвенными образованиями, комплексом склоновых отложений четвертичного возраста, а также непосредственно современными почвами. Мощность перекрывающих отложений весьма изменчива, но обычно не превосходит 5 м. На значительных площадях на склонах речных и овражно-балочных долин писчий мел выходит непосредственно на дневную поверхность. Такое строение разреза с учетом большого вертикального и горизонтального расчленения обеспечивает высокую степень дренажа подземных вод и весьма благоприятные условия для возникновения и развития карста как в поверхностных, так и в глубинных формах; в открытом и покрытом вариантах. Формирование глубинного карста должно тяготеть к зонам повышенной трещиноватости вдоль границ северной части поднятия. Среди сопутствующих экзогенных процессов условия благоприятны для развития вертикальной суффозии, оползней отседания, плоскостной и линейной водной эрозии. Карстовые и указанные сопутствующие им явления сосредоточены в верхнем ярусе современного рельефа.

Второй комплекс потенциально карстующихся пород залегает под отложениями нижнего мела и образован верхней частью воронежского горизонта франского яруса верхнего девона, которая сложена преимущественно раскристаллизованными известняками мощностью до 1,5 м [13]. Выходы известняков вскрываются в правом борту долины Дона, а



**Рисунок. Схема геологических условий развития карбонатного карста на территории Воронежской области:** 1 – граница структур первого порядка. Неотектонические структуры первого порядка: 2 – Окско-Донская впадина, 3 – Среднерусская антеклиза. 4 – границы неотектонических структур второго порядка. Структуры второго порядка: 5 – поднятия (I – Еманчинское, II – Острогжское, III – Кантемировское, IV – Калачское, V – Шукавкинское); 6 – прогибы (а – Семилукский, б – Потуданский, в – Чернокалитвинский, г – Павловско-Мамонский, д – Кривоборский, е – Масальский, ж – Токаревский). 7 – зоны динамического влияния разломов фундамента, 8 – изолинии скоростей современных вертикальных движений (мм/год), 9 – проявления карбонатного карста.

также в нижних частях склонов на уровне тыловых швов пойм в долинах Ведуги и Девичы. Их кровля часто образует поверхность структурной террасы, которая перекрыта деляпсией мощностью до 1 м. Известняки подстилаются преимущественно глинистыми и карбонатно-глинистыми отложениями девона, создающими достаточно выдержанный по площади водоупор. Известняковый карст в сравнении с меловым имеет подчиненное значение.

В южной части Еманчинского поднятия на высоких водоразделах верхнемеловой карбонатный комплекс перекрыт преимущественно песчано-алевритовыми отложениями палеогена, что обуславливает возможность широкого распространения покрытого карста. На сниженных водоразделах и придолинных частях склонов верхнемеловой карбо-

натный комплекс перекрыт четвертичными ледниковыми и субэаральными лессово-почвенными образованиями мощностью до 5 м. Мощность верхнемеловых отложений наращивается за счет сантонского яруса. В южной части Еманчинского поднятия воронежский горизонт отсутствует и в зоне гипергенеза, таким образом, выделяется только верхнемеловой карбонатный комплекс.

Острогжское неотектоническое поднятие охватывает междуречье Потудани, Дона и Черной Калитвы (Донское Белогорье). В состав верхнемелового карбонатного комплекса входят писчий мел, мелоподобные и глинистые мергели туронского, коньякского, сантонского и кампанского ярусов, которые подстилаются преимущественно песчаными отложениями нижнего мела незначительной

мощности и девонскими в основном терригенными образованиями. Мощность верхнемеловой толщи достигает 100 и более метров. Ее подошва вскрывается в самых глубоких эрозионных врезках по правобережью Дона. На значительных площадях верхнемеловой карбонатный комплекс перекрыт (до 30-40 м) палеогеновыми отложениями, среди которых важное значение имеют глины киевской свиты эоцена (мощностью до 20 м) [13]. Глины образуют выдержанный по площади водоупорный горизонт. На площади их распространения возможно развитие лишь перекрытого карста в зонах повышенной трещиноватости мел-мергельных пород. На сниженных водоразделах, в придолинных частях склонов рек и балок мел-мергельная толща перекрывается четвертичными отложениями или непосредственно выходит на дневную поверхность. Здесь создаются условия для активного развития открытого поверхностного и глубинного карста. Палеозойский карбонатный комплекс в пределах зоны гипергенеза Острогожского поднятия отсутствует.

Кантемировское неотектоническое поднятие, занимающее крайний юг Воронежской области на правобережье Черной Калитвы, характеризуется широким распространением по площади песчаных и глинистых отложений палеогенового и неогенового возраста, которые перекрываются лессово-почвенными образованиями квартера. Верхнемеловой карбонатный комплекс выходит в нижних частях склонов речных и крупных балочных долин. Его подошва нигде не обнажается и уходит глубоко за пределы современного положения нижней границы зоны гипергенеза. Верхнемеловые мел-мергельные отложения представлены туронским, коньякским, сантонским, кампанским и, местами, маастрихтским ярусами. На большей части территории современное развитие карстовых процессов возможно только в формах перекрытого карста.

Калачское неотектоническое поднятие, соответствующее в рельефе одноименной возвышенности, характеризуется увеличенной средней мощностью четвертичных отложений, представленных помимо аллювиальных, ледниковыми, водно-ледниковыми и лессово-почвенными образованиями. Приводораздельные пространства сложены песчано-глинистыми палеогеновыми отложениями значительной мощности, под которыми залегает верхнемеловой карбонатный комплекс. Он представлен туронским, коньякским, сантонским ярусами и подстилается преимущественно песчаными образованиями сеномана, а также нижнего мела. Развитие мелового карста возможно в перекрытом поверхностном и глубинном вариантах. Только в бортовых частях крупных долин, где мел-мергельная толща выходит на поверхность, возможны проявления голого карста.

В пределах Окско-Донской впадины в разрезе осадочного чехла карбонатные отложения связаны только с палеозойскими образованиями. Характер

разреза зоны гипергенеза подчинен неоструктурному плану, в котором среди структурных элементов второго ранга в пределах Воронежской области установлены Кривоборская, Масальская, Токаревская депрессии и Шукавкинское поднятие [12]. В Кривоборском и Масальском прогибах девонские отложения перекрыты неогеновыми и четвертичными преимущественно аллювиальными песчаными образованиями. Карбонатный комплекс приурочен к саргаевскому и, частично, воронежскому горизонтам и представлен известняками раскристаллизованными, прослоями глинистыми. Воронежские и саргаевские отложения в разрезе разделены карбонатно-глинистыми, глинистыми и песчаными образованиями семилукского и петинского горизонтов [13]. Развитие известнякового карста здесь возможно в покрытых и перекрытых формах в поверхностном и глубинном вариантах. На остальной территории неоген-четвертичные отложения подстилаются песчано-глинистой толщей нижнего мела. Развитие карстовых форм возможно в перекрытом поверхностном варианте, а в зонах повышенной трещиноватости над разломами в фундаменте имеются благоприятные условия для образования глубинного карста.

Важнейшие эпохи формирования карбонатного карста на территории Воронежской области тесно связаны с эпохами корообразования Воронежской антеклизы [14]. Наиболее значительными из них для мел-мергельного карста являются новейшая эпоха, охватывающая неоген и квартал и предпалеогеновая, а для известнякового – предмезозойская. Каждая из них неоднородна по внутренней структуре и характеризуется наличием более кратковременных периодов активизации карста, связанных с геоморфологическими циклами континентального развития территории и климатическими изменениями. Последние могут существенно влиять на ход карстового морфогенеза. В частности для предпалеогеновой поверхности несогласия характерны формы тропического карста, специфика которого [2] заключается в преимущественном интенсивном развитии поверхностного выщелачивания с образованием крупных котловин при весьма ограниченном распространении глубинных и провальных образований, свойственных карсту влажного умеренного климата. Такие формы с размерами в плане, измеряющимися сотнями метров и первыми километрами установлены в кровле мела в области Острогожского и Калачского поднятий [5,8]. Известняковый карст предмезозойского этапа еще требует своего изучения.

Литологические особенности карстовых отложений территории Воронежской области характеризуются своей полигенетичностью [5]. Для мел-мергельного карста среди них можно выделить следующие важнейшие разновидности: карстовый элювий, коллювиально-карстовые образования, хемогенно-карстовые (травертины), карстово-озерные и

болотные отложения. Их проявления отмечены в различных частях территории, но требуют дальнейшего изучения с позиций минерального и литологического в целом состава.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шукин И.С. Общая геоморфология. Т.2. - М., 1964. - 564 с.
2. Якуч Л. Морфогенез карстовых областей. Варианты эволюции карста. - М., 1979. - 388 с.
3. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. -Новосибирск, 1992. - 144 с.
4. Чикишев А.Г. Карст Русской равнины. - М., 1978. - 190 с.
5. Михно В.Б. Меловые ландшафты Восточно-Европейской равнины. -Воронеж, 1993. -232 с.
6. Михно В.Б. Карстово-меловые геосистемы Русской равнины. -Воронеж, 1990. -200 с.
7. Трегуб А.И., Старухин А.А., Баловина Г.И. Неотектоническая структура и карбонатный карст Воронежской, Липецкой и Тамбовской областей. Деп. ВИНТИ 985-В-94. - Воронеж, 1994. - 12 с.
8. Красенков Р.В. Погребенный меловой карст юго-восточной части Среднерусской возвышенности: Автореф. дис. ... канд. геол.- минерал. н. -Воронеж, 1970. - 20 с.
9. Экзогенные геодинамические процессы: оценка, прогноз, мониторинг (на примере Воронежской области) // А.И.Трегуб, Б.В.Глушков, Н.А.Корабельников и др. -Воронеж, 1999. - 76 с.
10. Трегуб А.И. Неотектоническая структура и поля напряжений территории Воронежского кристаллического массива // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. -2001. - №11. - С. 32-44.
11. Трегуб А.И. Блоки первого ранга в неотектонической структуре Воронежского массива // Общие вопросы тектоники. Тектоника России: Материалы XXXIII Тектонического совещ. - М., 2000. - С. 529-531.
12. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. - Воронеж, 1969. - 164 с.
13. Литология и фации донегеновых отложений Воронежской антеклизы / А.Д.Савко, С.В.Мануковский, А.И.Мизин и др.: Тр. НИИ Геологии ВГУ. -Вып.3. - Воронеж, 2001. - 201 с.
14. Савко А.Д. Эпохи корообразования в истории Воронежской антеклизы. -Воронеж, 1979. - 120 с.

УДК 4:549.283(470.32)

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАТОНКОГО ЗОЛОТА ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

В.В.Лоскутов

*Воронежский государственный университет*

В ходе исследований осадочного чехла Воронежской антеклизы были открыты многочисленные проявления золота. Они концентрируются в широких линейных зонах, разделенных относительно "пустыми" пространствами. Основными минералами эксгальационно-осадочного процесса, которые предлагается считать его индикаторами, являются природные сплавы – интерметаллиды. В исследованных шлихах выделена специфическая парагенетическая ассоциация, в которую входят ультратонкое золото (УТЗ), электрум, медь, самородное олово, возможно, самородное железо. Размерность золотин обычно составляет десятки мкм, но она довольно разнится по площади антеклизы [1].

Для определения геохимических особенностей состава золота было проведено более 100 микронных анализов в лабораториях Московского института тонкой химической технологии (МИТХТ) и Московского университета (МГУ). Данная работа опирается на результаты анализа первой партии золотин (60 штук), так как эти знаки, выделенные из первой партии проб научным предприятием "Грант", анализировались единым пото-

ком на микронзонде "Hitachi SX-50" одним аналитиком - А.Д.Сенчуковым в МИТХТ. Результаты этих анализов опубликованы в вестнике ВГУ [2].

В среднем пробность зерен золота осадочного чехла Воронежской антеклизы колеблется в разных проявлениях от 708 до 944, обычно превышая 800. Общей чертой для всех золотин служат аномально высокие содержания летучих элементов (Hg, Te, Ta); в значительных количествах присутствуют и прочие примеси (As, Sb, Zn, Cd, In, Cu, Sn, Pb, Bi, Pt, Rh, Os, Ir, Pd, Zr, Hf, Al, Si). При сравнении золота ультратонких фракций воронежского типа с "нормальным" россыпным или рудным самородным золотом отмечаются разительные отличия в составе золотин [3].

Расчет корреляционных зависимостей (таблица) и анализ бинарных диаграмм (рисунок) позволяют говорить о присутствии двух генераций золота в породах осадочного чехла. Золотины первой обогащены элементами-примесями, тогда как зерна второй практически стерильны. Это свидетельствует о наличии эксгальационно-осадочного и экзогенного (россыпного) металла. В целом можно