

**В.Н. Андрейчук****Системная природа карстового ландшафта**

Андрейчук В.Н. Системная природа карстового ландшафта // Спелеология и карстология, - №3. – Симферополь. – 2009. - С. 47-59.

Резюме: Карстовые ландшафты (КЛ) глубоко специфичны. От окружающих их некарстовых ландшафтов они отличаются особенными рельефом, гидросетью, почвами, биоценозами, более сложной структурной организацией, более высокой степенью дифференцированности, дискретности, эмерджентности (целостности), иными механизмами вещественно-энергетических связей, своеобразием режимов функционирования и динамики. В карстовом ландшафте присутствует яркий и своеобразный феномен – подземные полости и пещеры. Они являются относительно самостоятельными природными образованиями – подземными комплексами или подземными геосистемами. Подземная часть карстового ландшафта тесно связана с наземной. Они являются двумя составными частями единого карстового ландшафта, главной особенностью его структурной организации. Наземную и подземную части КЛ следует рассматривать в качестве его двух структурных подсистем. Функционирование в карстовых ландшафтах двух тесно взаимосвязанных наземной и подземной геосистем обуславливает основные системные свойства КЛ, отличающие их от некарстовых ландшафтов. Особенность динамики карстового ландшафта, ведущая роль в ней внутрисистемных взаимодействий элементов (геокомпонентов, подсистем) обуславливает специфические механизмы устойчивости ландшафта (буферный, адаптивный), а также является причиной яркой выраженности процессов саморазвития и автономизации КЛ.

Ключевые слова: карст, карстовые ландшафты.

Андрейчук В.М. Системна природа карстового ландшафту // Спелеологія і карстологія, - №3. – Симферополь. – 2009. - С. 47-59.

Резюме: Карстові ландшафти (КЛ) належать до глибоко специфічних. Від оточуючих їх некарстових ландшафтів вони відрізняються особливими рельєфом, гідросіткою, ґрунтами, біоценозами, більш складною структурною організацією, більш високим ступенем диференційованості, дискретності, емерджентності (цілісності), іншими механізмами речовинно-енергетичних зв'язків, своєрідністю режимів функціонування та динаміки. У карстовому ландшафті присутній яскравий та своєрідний феномен - підземні пустоти та печери. Вони є відносно самостійними природними утворами – підземними комплексами або підземними геосистемами. Підземна частина карстового ландшафту тісно пов'язана з наземною. Вони є двома складовими частинами єдиного карстового ландшафту, головною особливістю його структурної організації. Наземну та підземну частини карстового ландшафту належить розглядати в якості його двох структурних підсистем. Функціонування в карстових ландшафтах двох тісно зв'язаних між собою наземної та підземної геосистем обумовлює основні системні властивості КЛ, що відрізняють його від некарстових ландшафтів. Особливість динаміки карстового ландшафту, ведуча роль в ній внутрішньо-системних взаємодій елементів (геокомпонентів, підсистем) обумовлює специфічні механізми його стійкості (буферний, адаптивний), а також є причиною яскравого проявлення процесів саморозвитку та автономізації КЛ.

Ключові слова: карст, карстові ландшафти.

Andreychouk V.N. System nature of karst landscape // Speleology and Karstology, - Vol.3. – Simferopol. – 2009. – P. 47-59.

Abstract: Karst landscapes are highly specific. The presence of underground cavities and caves makes them three-dimensional, extends the vertical dimension, and causes their inner structure (both vertical and functional) to be more complicated as compared with "plain" non-karstic landscapes. In "ordinary" landscapes lateral material-energy interactions are of greater importance. In contrast, vertical interactions dominate in karst landscapes.

The paper considers karst landscape as a geosystem composed of two subsystems - surface and underground. Its structure (vertical and horizontal) is described, as well as functional and dynamic peculiarities, specificity of self-regulation (buffer and adaptive mechanisms). Peculiarities of self-development and the reasons of physiognomic autonomisation of karst landscapes (within the neighbouring landscapes) are discussed. Author suggests that karst landscapes can be studied more effectively by using of system methodology (system approach) and system methods (system analysis). Representation of karst landscape

as complex natural system and appropriate organization of studies allow clarifying many holistic properties of karst landscapes regarding their structure, dynamics, development, evolution, mechanisms of self-regulation etc.

Key words: karst, karst landscapes.

Referat: Krajobrazy krasowe (obszary, plato, masywy itd.) są bardzo specyficzne. Obecność próżni podziemnych i jaskiń nadaje im objętości (wymiaru wertykalnego) i robi ich wewnętrzną strukturę (przestrzenną i funkcjonalną) bardziej skomplikowaną w porównaniu do „płaskich” krajobrazów niekrasowych. W „zwykłych” krajobrazach większą rolę odgrywają lateralne oddziaływania materiałno-energetyczne, natomiast w krajobrazach krasowych dominują wertykalne powiązania i obiegi. Artykuł przedstawia krajobraz krasowy jako geosystem składający się z dwóch podsystemów – naziemnego i podziemnego, opisuje jego strukturę (wertykalną i horyzontalną), funkcjonalne i dynamiczne osobliwości, specyfikę samoregulacji (mechanizmy buforowy oraz adaptacyjny), wyjaśnia osobliwości samorozwoju i przyczyny fizjonomicznej autonomizacji krajobrazów krasowych (na tle sąsiadujących krajobrazów). Autor sugeruje że krajobrazy krasowe mogą być bardziej skutecznie badane poprzez zastosowanie systemowej metodologii (podejście systemowe) oraz metod (analiza systemowa). Przedstawienie krajobrazu krasowego jako złożonego systemu przyrodniczego oraz odpowiednia organizacja badań pozwalają wyjaśnić wiele całościowych właściwości krajobrazów krasowych, dotyczących jego struktury, dynamiki, rozwoju, ewolucji, mechanizmów stabilizacji itd.

ВВЕДЕНИЕ

В советской и современной русскоязычной географической литературе существует несколько трактовок понятия „ландшафт” (Гвоздецкий, 1954, 1972, 1977, 1988; Преображенский, 1986; Сочава, 1978; Охрана ландшафтов..., 1982). Согласно наиболее распространенному пониманию (в инварианте) ландшафт это *природная (природно-антропогенная) территориально единая и функционально целостная система, состоящая из пространственно взаимосвязанных и взаимодействующих элементов – геологического основания, рельефа, поверхностных и подземных вод, климата, флоры и фауны, почвы*. Обладая структурной и функциональной целостностью, ландшафт характеризуется наличием эмерджентных свойств – проявляет себя как относительно целостное образование в динамике (саморегуляция на основе обратных отрицательных связей между элементами) и в эволюции (развитие, саморазвитие) (Дьяконов, 1990). Ландшафт имеет выраженный физиономический облик: как на местности (пейзаж), так и на карте (закономерный рисунок). В его пределах закономерно сочетаются слагающие его более мелкие природные единства (геокомплексы).

Таким образом, ландшафт представляет собой природное единство, образование определенных размеров, обладающее закономерной и сложной внутренней структурой. В свою очередь, ландшафт является составной частью территориально более крупных (региональных) природных образований. Территориальные размеры ландшафтной системы фактически соответствуют ареалу, в пределах которого сохраняются *характерные физиономические черты природы*, типичность которых предопределяется однородным геологическим строением, характерным сочетанием форм рельефа, закономерным рисунком гидросети, определенным сочетанием типов растительности, почв и населяющих ландшафт организмов. Ландшафты - это территории со своим набором физико-географических процессов, отражающих их природную специфику.

Карстовые ландшафты (КЛ) глубоко специфичны. От окружающих их некарстовых ландшафтов они отличаются особенными рельефом, гидросетью, почвами, биоценозами, *более сложной структурной организацией, более высокой степенью дифференцированности, дискретности, эмерджентности, иными механизмами вещественно-энергетических*

связей, своеобразием режимов функционирования и динамики (Андрейчук, Воропай, 1995; Воропай, Андрейчук, 1985). Особенности эти, по мнению автора, могут быть наилучшим образом раскрыты с помощью системной парадигмы, т.е. через представление карстового ландшафта в качестве геосистемы, обладающей специфичным составом слагающих ее частей (элементов–геокомпонентов) и своеобразной структурой (конфигурацией, характером взаимосвязей).

СОСТАВ И СТРУКТУРА КАРСТОВОГО ЛАНДШАФТА (КАК ГЕОСИСТЕМЫ)

В карстовом ландшафте присутствует яркий и своеобразный феномен – *подземные полости* (разного вида и размера) и *пещеры* (доступные для человека, вскрытые естественным путем или искусственно подземные полости). Они являются относительно самостоятельными (физиономически, пространственно, функционально и т.д.) природными образованиями – подземными комплексами. Не случайно некоторые географы-карстологи именуют пещеры *подземными ландшафтами* с особой подземной топографией, со своим пещерным климатом (микроклиматом), своей подземной гидрографической сетью, специфическими растительностью и животным миром (Гвоздецкий, 1954; Гергедава, 1983; Чикишев, 1979). В зарубежной литературе, особенно словацкой, имеются интересные разработки, в том числе – монографического характера, описывающие пещеры в качестве природных геосистем (Jakal, 1986, Bella, 1995, 1998, 1999, 2000, 2008).

Подземная часть карстового ландшафта тесно связана с наземной. Они являются *двумя тесно связанными между собой частями единого карстового ландшафта* и составляют главную особенность его структурной организации. Следуя системному пониманию, наземную и подземную части КЛ можно рассматривать в качестве его двух *структурных подсистем*. Сопряженное функционирование в карстовом ландшафте как геосистеме двух подсистем (наземной ↔ подземной) и обуславливает основные системные свойства КЛ, отличающие его от некарстовых ландшафтов.

Карстовые ландшафты отличаются особой «геометрией». В связи с наличием подземных полостей, иногда глубоких (до 2 км и более), по которым поверхностные агенты (воды, кислород,

твердый материал, органика) проникают вглубь земли, их нижняя граница опускается соответственно, намного ниже, чем в некарстовых ландшафтах, где она измеряется всего лишь десятками метров (ниже земной поверхности). В отличие от «плоских» некарстовых ландшафтов, карстовые характеризуются большей объемностью.

В структуре карстового ландшафта можно выделить две составляющие: *вертикальную* (геокомпонентную - этажную) и *горизонтальную* (геокомплексную - морфологическую).

Вертикальная компонентная структура

Элементы вертикальной структуры – вещественные образования – геокомпоненты

Вертикальную геокомпонентную структуру карстового ландшафта образуют, как и в других ландшафтах, *агрегатно-однородные по массе* (воздух, вода, твердое вещество) и *агрегатно-неоднородные - в контактных зонах* между ними - геокомпоненты. Агрегатно-однородные геокомпоненты («геомассы») представляют собой образования, расположенные ярусно в соответствии со своими физическими свойствами (плотностью): *атмокомпонент* (воздух), *гидрокомпонент* (вода) и *литоконкомпент* (горные породы). В местах их контакта и взаимного проникновения формируются *вещественно-неоднородные – контактные геокомпоненты* – почвы, илистые донные отложения, водоносные горизонты, приповерхностные (активные) слои водоемов и др. Контактные геокомпоненты отличаются от вещественно-однородных (массивных - по терминологии В.Н.Солнцева, 1981) высокой *концентрацией жизни* (организмов), являются их жизненной средой и представляют собой *биокошные* (органно-неорганические) вещественные образования.

Присутствие подземных комплексов делает вертикальную моносистемную организацию КЛ более сложной, чем в некарстовых ландшафтах, а главное – повторяющейся (рис. 1). Такой тип вертикальной компонентной структуры ландшафтов можно назвать *зеркальным*. На нижнем «этаже» КЛ также присутствуют массивные атмо-, гидро-, литоконкомпенты и живое вещество. Но свойства этих геокомпонентов под землей иные. Так, *газовый компонент* (пещерный воздух, подземная атмосфера) (Амп) содержит повышенное содержание азота, углекислого газа, метана, сероводорода, часто и радона. Содержание углекислоты, например, может достигать в нем 3,0-8,0% и более. В подземном *гидрокомпоненте* (Гмп) наблюдается более высокое, чем в водах поверхностной части ландшафта, содержание растворенных веществ. В подземной подсистеме более разнообразен, чем в наземной, также химический состав вод.

Иные под землей также свойства *литоконкомпента* (Лмп). Процессы гидратации, перекристаллизации, замещения, цементации, доломитизации и другие изменяют структуру и текстуру карстующихся пород, а возникновение в них полостей, процессы обрушения деформируют и усложняют картину геофизических полей в карстовых массивах (Андрейчук, 2007). Процессы спелеолитогенеза вызывают

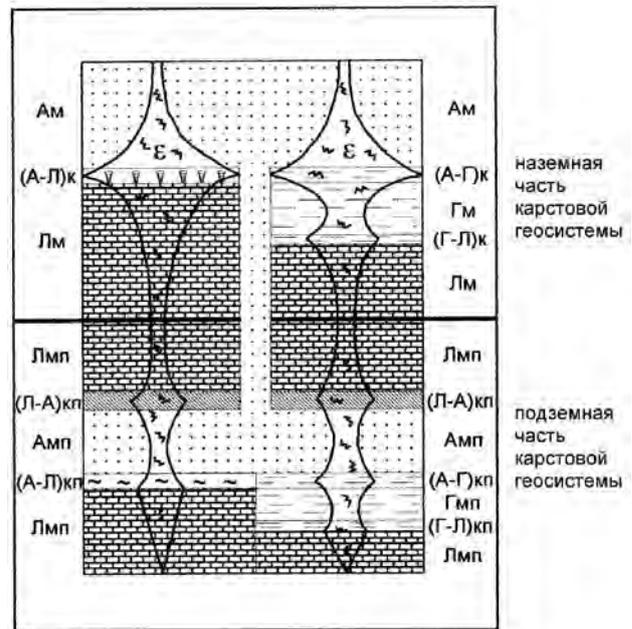


Рис. 1. Вертикальная геокомпонентная структура карстовой геосистемы местного или ландшафтного уровня.

Поверхностная подсистема: *Массивные (агрегатно-однородные) геокомпоненты (косные образования)*: Ам – газовый (атмосферный), Гм – жидкий (гидросферный), Лм – твердый (литосферный). *Контактные (агрегатно-смешанные) геокомпоненты (биокошные образования)*: (А-Л)к – почва, (А-Г)к – приповерхностный слой в водоемах, (Г-Л)к – донный ил (озер), водонасыщенный аллювий (рек).

Подземная подсистема: *Массивные (агрегатно-однородные) геокомпоненты (косные образования)*: Амп – газовый (атмосферный) - подземная атмосфера, Гмп – жидкий (гидросферный) – подземная (пещерная) гидросфера, Лмп – твердый (литосферный) – вмещающие пещеру породы. *Контактные (агрегатно-смешанные) геокомпоненты (биокошные образования)*: (Л-А)кп – пещерные своды, поверхность стен, (А-Л)кп – днища ходов и полостей с отложениями (пещерная „почва“), (А-Г)кп – приповерхностный слой в пещерных водоемах, (Г-Л)кп – донный ил пещерных водоемов, аллювий пещерных рек. ε – живое вещество (контур указывает на его относительное присутствие в массивных и контактных геокомпонентах).

Fig. 1. The vertical geocomponent structure of a karst geosystem of local or landscape levels:

Surface subsystem: *Massive (aggregate-homogenous) geocomponents (abiotic formations)*: Ам – gas (atmospheric), Гм – fluid (hydrospheric), Лм – solid (lithospheric). *Contact (aggregate-mixed) geocomponents (abio-bio integrated formations)*: (А-Л)к – soil, (А-Г)к – near-the-surface layer of water basins, (Г-Л)к – bottom mud (in lakes), water-filled alluvium (in rivers).

Underground subsystem: *Massive (aggregate-homogenous) geocomponents (abiotic formations)*: Амп – gas (atmospheric) – underground atmosphere, Гмп – fluid (hydrospheric) – underground (cave) hydrosphere, Лмп – solid (lithospheric) – karst rocks in which cave is formed. *Contact (aggregate-mixed) geocomponents (abio-bio integrated formations)*: (Л-А)кп – cave ceilings, surface of cave walls, (А-Л)кп – bottoms of cave passages covered with sediments (cave “soil” in their upper part), (А-Г)кп – near-the-surface layer of cave water basins, (Г-Л)кп – bottom mud of cave lakes, water-filled alluvium of cave streams. ε – living matter (contour point of its relative presence in massive and contact geocomponents).

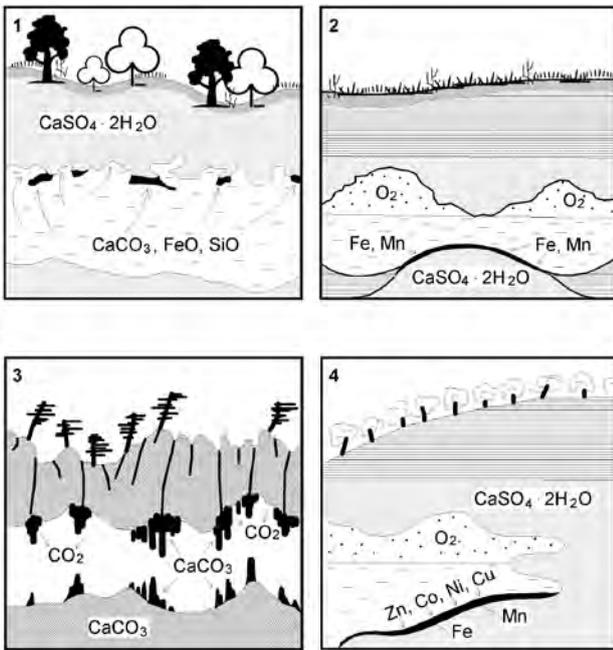


Рис. 2. Некоторые типы геохимических барьеров в подземной части карстовых ландшафтов: 1 – растворительный, 2 – окислительный, 3 – термогазодинамический, 4 – сорбционный.

Fig. 2. Some types of geochemical barriers in the underground part of karst landscapes: 1 – solution, 2 – oxygenic, 3 – thermogasodynamic, 4 – sorption.

перераспределение элементов и их соединений. Карстующаяся толща, вмещающая подземную подсистему КЛ, часто содержит за счет карста включения и мощные накопления брекчированных или нерастворимых пород.

Содержание *живого вещества* (Бмп) в подземной подсистеме невелико. В литературе отсутствуют данные о биомассе карстовых полостей, хотя в пещерах тропиков она может быть весьма значительна, особенно если учесть накопление органики (толщи гуано). Однако здесь его несравненно больше, чем в подземной части некарстовых ландшафтов (в трещинах, порах и водоносных горизонтах).

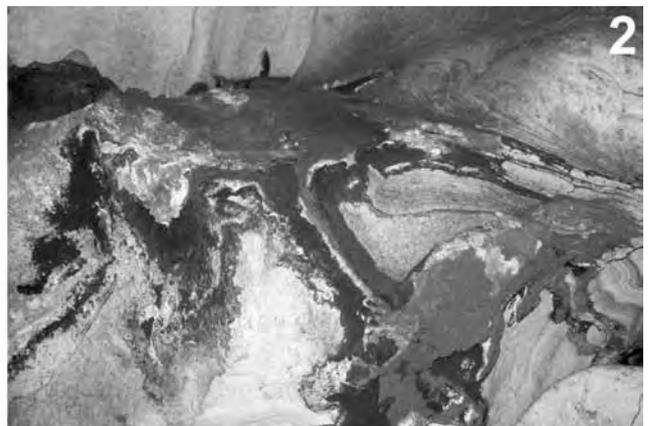


Рис. 3. Потолочные новообразования на сводах (1) и на стенах (2) пещерных ходов (пещера Даваданг, Таиланд, бассейн р. Кваи, фото В.Андрейчука): 1 – органо-минеральные корки, 2 – карбонатно-железисто-марганцевые корки.

Fig. 3. Organic-mineral (1) and carbonate-ferruginous-manganese (2) crust formations on the cave ceiling (1) and walls (2) (Dava-dung Cave, Thailand, R. Kwai basin, photo by V. Andreychouk)

Контактные геокомпоненты подземной части КЛ еще более специфичны. Например, выветрелый потолочный слой породы в пещере, поверхностный слой пещерных отложений, верхний слой воды пещерных водоемов, донный ил пещерных озер существенно отличаются по составу и свойствам от аналогичных поверхностных образований (почв, например). Как и в поверхностной части ландшафта, они занимают контактное по отношению к мономассовым геокомпонентам положение, характеризуются взаимопроникновением и взаимодействием веществ, развитием геохимических барьеров (рис. 2) и являются местами концентрации живого вещества.

Известно, что *потолочные ниши* (Л-А)кп в пещерах служат местами обитания и зимовки летучих мышей. Они часто заселены также насекомыми (паукообразными, прежде всего). Сама порода часто выветрена, «изъедена» растворением или покрыта минеральными корками (рис. 3), обогащена различными микроэлементами. Сюда проникают по трещинам и порам инфильтрационные воды, отлагающие известь, осаждаются из пещерного воздуха водный конденсат. В связи с присутствием различных сред и субстанций (кислород, вода, органика) на их поверхности концентрируются различные виды микроорганизмов (рис. 4). При наличии света, например, искусственного, поверхность пещерного потолка или стен представляет собой, поэтому, благоприятный субстрат для развития грибов, водорослей и даже низших растений («лампенфлора» - рис. 5).

Поверхностный слой пещерных отложений (А-Л)кп также богаче жизнью, чем подстилающие его слои. Здесь много полуразложившихся органических веществ, приносимых с поверхности, помета летучих мышей. Последний является биосубстратом для развития многочисленных насекомых, формирующих основание пещерной пирамиды трофических связей (как в водной среде планктон или на поверхности растительность). Органические кислоты, присутствующие в отходах жизнедеятельности пещерных животных, химически преобразуют скальные выступы днищ, что часто сопровождается формированием специфических, отчасти биогенных минералов (главным образом, из

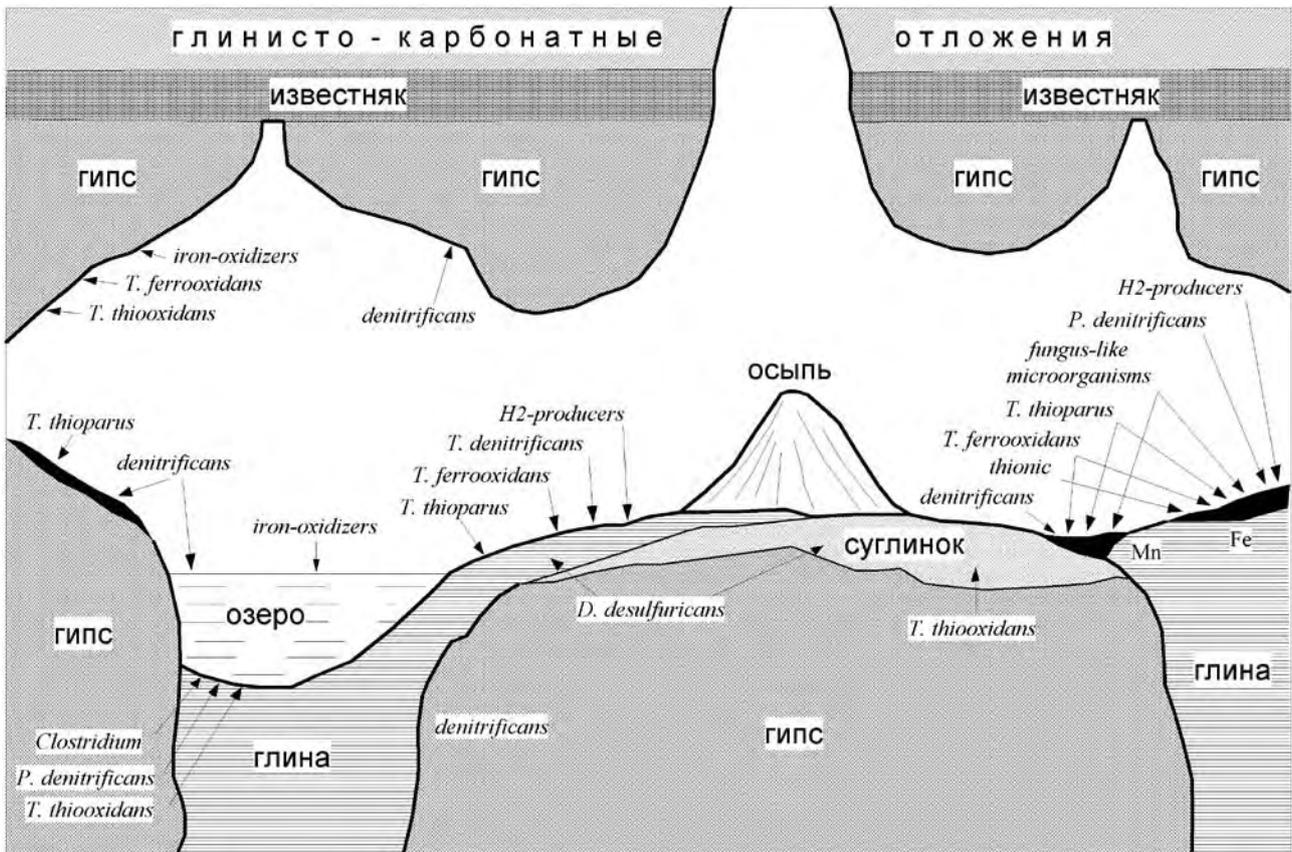


Рис. 4. Распределение основных видов и групп микроорганизмов в пещере Золушка (Буковина, Украина) (по Andreychouk, Klimchouk, 2001).

Микроорганизмы концентрируются на поверхности пещерных стен и отложений, т.е. приурочены к контактными образованиям.

Fig. 4. The distribution of basic species and groups of microorganisms in Zoloushka Cave (Bukovina, Ukraine) (after Andreychouk, Klimchouk, 2001).

Microorganisms concentrate on the surface of cave walls and sediments, i.e. related with contact formations.



Рис. 5. "Лампенфлора" – папоротник, растущий под лампой при стенке пещерного хода. Туристическая пещера в окрестностях Ван-Вьенг, Лаос. Фото В. Андрейчука.

Fig. 5. "Lampenflora" - fern growing under lamp at the wall of cave passage. Show cave in the suburbs of Van-Vieng, Laos. Photo by V. Andreychouk.

группы фосфатов). Здесь также сосредотачивается деятельность различных микроорганизмов, как утилизаторов органического вещества, так и продуцентов некоторых химических соединений. Встречаются даже растения, прорастающие (эмбриональная стадия) из привнесенных с поверхности семян. На органических остатках, а также мусоре, оставленном в пещере человеком или принесенном водой с поверхности, хорошо развивается микрофлора и плесень, чему способствует постоянство пещерного микроклимата. Плесенные пленки развиваются на площадях в десятки квадратных метров.

Контактным геокомпонентом (А-Г)кп можно считать и приповерхностный слой воды в подземных озерах. Имеются данные об отчетливой стратификации физико-химических свойств подземных водоёмов, причем верхний слой воды почти всегда отличается по своим свойствам (геохимическим, прежде всего) от нижележащих масс. Поверхность воды вследствие испарения влаги, насыщения солями и седиментации аэрозолей часто покрывается минеральной (кальцитовой или гипсовой) пленкой. Здесь сосредоточен ряд геохимических барьеров – механический, испарительный, кислородный (рис. 2). В

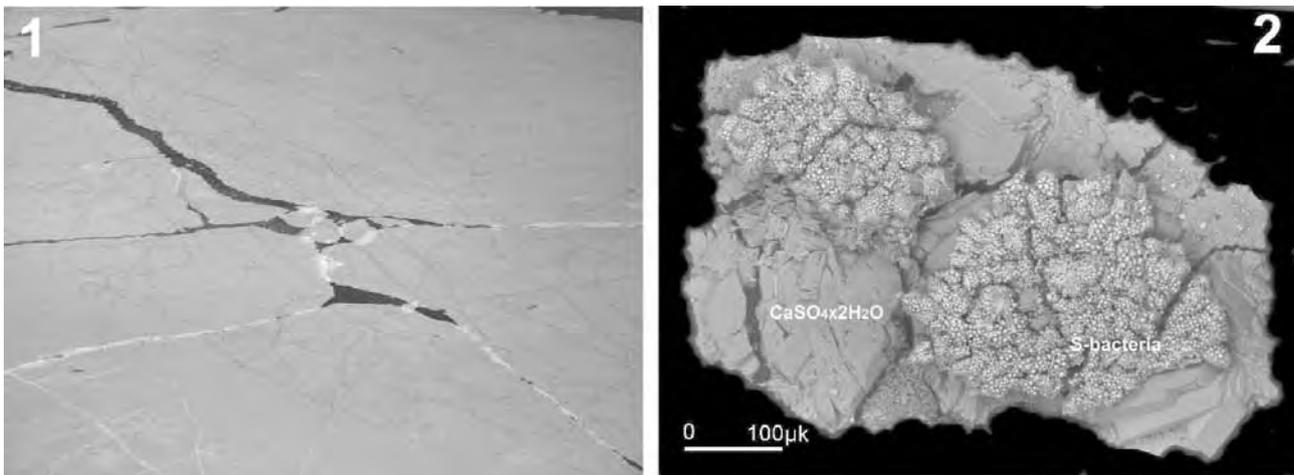


Рис. 6. Минеральная (гипсово-серобактериальная) пленка на поверхности водоема. Восходящий карстовый источник сульфатных вод. Окрестности г.Дебар, Македония (Фото В.Андрейчука): 1- тонкая гипсовая корка, 2 – фрагмент корки, образованной гипсовыми микрокристаллами с серными бактериями на их поверхности, под электронным микроскопом.

Fig. 6. Mineral (gypsum + sulphur bacteria) film (thin crust) on the water surface. Sulphate water ascending karst spring. Debar surroundings, Macedonia (Photo by V. Andreychouk): 1 – thin gypsum crust, 2 – fragment of crust composed by gypsum micro-crystals and sulphur bacteria on them under SEM.

поверхностном слое (в пленке) также концентрируется бактериальная жизнь (рис. 6).

С донным илом подземных водоемов (Г-А)кп связана жизнь многих обитателей пещерных вод – рачков, бокоплавов и других организмов. Здесь происходит накопление (хоть и в незначительной мере) органики, осаждаются на геохимических барьерах разные (в зависимости от геохимических условий) соединения (рис. 2), а также концентрируются микроорганизмы (рис. 4).

В целом же, органический мир подземной подсистемы КЛ несравненно беднее, чем наземной. Исключением могут быть лишь карстовые ландшафты аридных зон, где более увлажненные пещеры служат местами концентрации фауны – насекомых, рептилий, грызунов.

Наличие в карстовом ландшафте подземных комплексов делает ярусной не только его геокомпонентную, но и геокомплексную структуру (наземный и подземный геокомплексы-подсистемы). Компонентный и в то же время - комплексный характер – еще одна особенность его вертикальной структуры, присущая только карстовому ландшафту. Она имеет важное значение в формировании таких системных свойств КЛ, как целостность, функциональное единство, динамика, эволюция, саморегуляция.

Связи - потоки веществ и энергии

Своеобразие вертикального разреза КЛ, зеркальный спектр его геокомпонентов, наличие подземной подсистемы определяют специфику вещественного и энергетического взаимодействия компонентов. Они реализуются, главным образом, в виде вертикальных вещественно-энергетических потоков между ними.

Вертикальные межкомпонентные потоки-связи в КЛ имеют свои особенности. Во-первых, их значение в общей структуре связей КЛ намного выше, чем в ландшафтах некарстового происхождения. Во-

вторых, они гораздо чаще, чем в некарстовых ландшафтах имеют восходящую направленность. Так, известны сезонные изменения воздухообмена между поверхностной и подземной частями КЛ, отмечаются высокоамплитудные (десятки и сотни метров) колебания уровней пещерных водоемов и горизонтов карстовых вод, т.е. связи эти более «флуктуабельны». В третьих, в вертикальных потоках в несравненно большем объеме, чем в некарстовых ландшафтах, происходит перемещение твердого материала (и в водных потоках, и в результате провальных и обвальных процессов). Движение водных масс в виде свободно текущих нисходящих потоков (инфлюация, а не только инфильтрация как в некарстовом ландшафте) составляет еще одну особенность вертикальных связей в КЛ.

Перечисленные выше качества вертикальной структуры КЛ позволяют считать ее специфичной и отнести к *особому типу* соотношения геокомпонентов вертикальной структуры ландшафтов.

Парагенетический аспект вертикальной структуры карстовых ландшафтов

Вертикальные вещественно-энергетические потоки не только связывают в единое целое вертикально расположенные геокомпоненты, но и приводят тем самым к установлению между наземной и подземной частями ландшафта *парадинамических* и, прежде всего, *парагенетических отношений*. Они заключаются в том, что подземная и поверхностная части ландшафта развиваются сопряженно, взаимосвязано. Так, например, возникшая над подземной полостью воронка формирует вокруг себя водосбор. Собирая поверхностные воды и направляя их в полость, она способствует ее увеличению. В свою очередь, наличие дренирующей полости – подземного базиса эрозии – способствует быстрому увеличению водосборной площади воронки. Между наземным и подземным элементами ландшафта устанавливается положительная обратная связь (взаимостимуляция),

формируется *динамический парагенезис*. Кольматация воронки приводит, соответственно, к затуханию взаимодействия, сказывающемуся на обоих членах парагенетической системы. Конечно, на уровне ландшафта процессы наземно-подземного взаимодействия намного усложняются, дифференцируются по площади и направлению, но их парагенетическая сущность сохраняется.

Поскольку вертикальные потоки связывают наземную и подземную части карстового ландшафта (геокомплексы, подсистемы), можно говорить, что вертикальные вещественно-энергетические потоки связи в КЛ носят не только межкомпонентный, но и *межкомплексный* характер, поскольку соединяют не только геокомпоненты, но и геокомплексы – подземную и надземную части (подсистемы) КЛ, формируя своего рода *парагенетическую* (и парадиаметрическую) *геосистему*. В этом смысле традиционно понимаемое *моносистемное представление* вертикальной структуры ландшафта (Преображенский, 1986) должно, в случае карстовых ландшафтов, быть дополнено *полисистемным*.

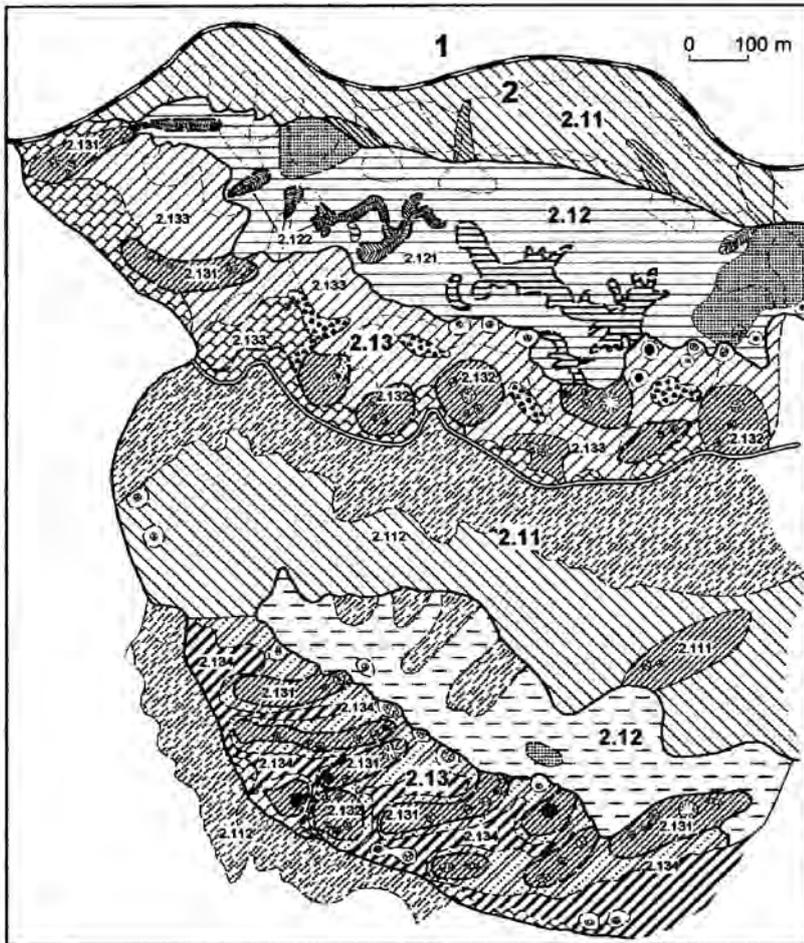


Рис. 7. Ландшафтная картосхема плато Кырктау (Зеравшанский хребет, Узбекистан) – фрагмент: 1 – склоновый ландшафт, 2 – ландшафт карстового плато. Структурно-иерархические составляющие карстового ландшафта: 2.11 – уровня местности, 2.131 – уровня урочища.

Fig. 7. Landscape map of Kyrktau Plateau (Zeravshanski Ridge, Uzbekistan): 1 – slope landscape, 2 – landscape of karstified plateau. Hierarchical-structural elements of karst landscape: 2.11 – of “local place” level, 2.131 – of “urochishche” level.

Горизонтальная комплексная (морфологическая) структура

Элементы горизонтальной структуры - геокомплексы

В латеральной плоскости карстовый ландшафт, как и другие ландшафты, образован мозаикой геокомплексов (геосистем, биогеоценозов и т.д.) более низкого таксономического ранга. В советской литературе к ним относили наименьшие (элементарные) природные комплексные образования – *фации*, которые «объединяются» в более крупные единицы – *урочища* и *местности*. Поэтому, горизонтальная структура КЛ является по своей природе комплексной – *полисистемной, иерархической*. Ее элементами выступают внутриландшафтные геосистемы топологического уровня – *фации, простые и сложные урочища, местности* (рис. 7). В их формировании особенно большое значение имеет группа литоморфотектонических компонентов-факторов.

Особенностью *рисунка* карстовых внутриландшафтных единиц является преобладание замкнутых ареалов, формирующихся в пределах как отрицательных (воронки, котловины), так и положительных (останцы) форм рельефа. Карстовый рельеф служит основой, субстратом наземных геосистем. Обычно они представляют собой различные сочетания линейных и концентрических форм. Между линейными и кольцевыми формами рельефа КЛ существуют пространственные, временные, генетические, функциональные и другие связи. Соотношение кольцевых и линейных элементов рельефа является интегральным показателем и отражает многие стороны карстового ландшафтогенеза.

Морфологическое разнообразие и размеры карстовых форм определяют *таксономические особенности геосистем*, слагающих КЛ. По характеру отражения в рельефе среди карстовых образований обычно выделяют отрицательные и положительные. Рельеф КЛ территорий с умеренным климатом обычно определяют как западинный, ванновый (Гвоздецкий, 1954, 1972). При характеристике рельефа тропического карста чаще говорят о положительных (башенных, конических) и других формах. Переходные (между умеренными и тропическими) области располагают набором как тех (небольшие поля и долины, но еще не останцовые равнины), так и других. Совокупности отрицательных и положительных форм рельефа КЛ служат основой формирования внутриландшафтных геосистем.

Специфика рельефа КЛ – его *морфологическая неоднородность, дифференцированность*, – вносит определенные осложнения в традиционные схемы морфологического деления ландшафта. При установлении геокомплексов разных рангов (от фации до местности) часто оказывается, что для отражения условной структурной соподчиненности внутри-ландшафтных геосистем существующих таксономических подразделений недостаточно. Не хватает, в частности, по опыту наших исследований на Буковине, единицы, которая следует за сложным урочищем, но еще не удовлетворяет требованиям местности – своеобразной «подместности» (Воропай, Андрейчук, 1985). В этом отношении КЛ напоминает более сложные и контрастные горные ландшафты, где такая единица, например, *стрыя* (Миллер, 1974) рядом исследователей выделяется как самостоятельная. В структуре КЛ (между фацией и урочищем) именно для обозначения природных комплексов типа «западина», «карстовая воронка» уместна также выделяемая некоторыми исследователями (Видина, 1970) такая единица как *звено*.

Следовательно, по сложности своей горизонтальной комплексной структуры некоторые карстовые ландшафты равнин сопоставимы с горными ландшафтами.

Связи-потоки между геокомплексами

Горизонтальные межкомплексные связи в КЛ также своеобразны. Репрезентирующие их вещественно-энергетические потоки представлены эрозионными процессами, плоскостным смывом, различными типами склоновых процессов, латеральной циркуляцией воздушных масс, перемещением организмов и т.д. Их основные направления, как и в некарстовых ландшафтах, контролируются гипсометрией и морфологией поверхности литокомпонента. Однако специфика карстового рельефа изменяет, усложняет, нарушает латеральный массоэнергообмен между структурно-латеральными элементами карстового ландшафта. В *голом карсте*, например, метеорные

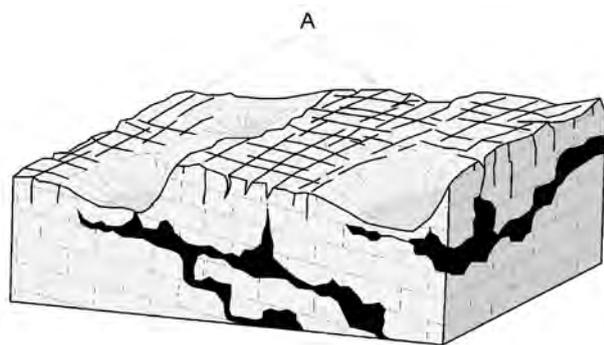


Рис. 8. Гипотетический фрагмент карстового плато с карровыми полями (А) и коррозионными воронками. В пределах карровых полей имеет место рассредоточенная фильтрация атмосферных осадков вглубь массива – без их латерального перемещения по поверхности.

Fig. 8. Hypothetic fragment of karst plateau with karren fields (A) and solution dolines. Within the limits of karren fields surface infiltration of meteoric water into massive takes place – without their lateral movement.

воды, ниспадающие на его трещиноватую, покрытую каррами поверхность, почти целиком фильтруются вглубь массивов, лишая геокомплексы (фации, урочища) существенного латерального взаимодействия (рис. 8). В *покрытом карсте*, с карстовыми воронками на поверхности, горизонтальные вещественно-энергетические потоки имеют место, но их пространственное развитие существенно ограничивается водосборными площадями карстовых форм, перехватывающих поверхностный сток (смыв и т.д.) и направляющих его под землю. Формируется специфический *радиально-центрический тип вещественно-энергетического межкомплексного сопряжения*, часто – с подземным выносом вещества. Такой тип вещественно-энергетического сопряжения (как и в случае с вертикальными потоками-связями в карстовом ландшафте) также имеет особенный характер, отличающийся от некарстовых ландшафтов. Его особенностью является пространственное ограничение горизонтального вектора потоков-связей, их «замыкание» в ареалах карстовых форм, в то время как в некарстовых ландшафтах потоки-связи имеют открытый, незамкнутый характер и объединяют гораздо большее число элементов горизонтальной структуры ландшафтов.

Парагенетический аспект горизонтальной структуры карстовых ландшафтов

Вещественно-энергетические потоки, действующие в латеральной «плоскости» ландшафта, связывают элементы его горизонтальной структуры (геокомплексы) в функционально-целостные образования – парадинамические и парагенетические системы. Их примерами могут служить карстовая воронка и прилегающее к ней окружение, карстовая котловина и ее поверхностная водосборная площадь, слепая (заканчивающаяся понором) карстовая долина и ее водосбор и т.д. Их функциональное единство обеспечивается преимущественно однонаправленными потоками вещества и энергии, связывающими элементарные гомогенные и более крупные относительно гомогенные геокомплексные образования в *гетерогенные парадинамические (парагенетические) системы*.

Сопряженность вертикальной и горизонтальной структуры карстовых ландшафтов

Таким образом, структура карстовых ландшафтов, как вертикальная, так и горизонтальная, в первом случае принципиально, а во втором существенно, отличается от таковой некарстовых ландшафтов. Ее характеризуют тесные функционально-динамические связи между наземной и подземной частями. И в вертикальной, и в горизонтальной плоскостях ландшафта это приводит к формированию парадинамических (парагенетических) образований, описанных выше.

Естественно, представление нами парадинамических (парагенетических) систем КЛ по отдельности, т.е. как присущих вертикальной и горизонтальной структурам ландшафта, имеет условный характер. В действительности они функционируют как пространственно единое целое. Карстовую воронку с водосбором можно рассматривать

как парагенетическую систему латеральной структуры ландшафта, и в то же время как поверхностный элемент вертикальной парагенетической системы, включающей вторым парадинамическим членом подземную полость

(рис. 9-1). Конечно, что правильнее считать подземную полость, воронку над ней и прилегающее к воронке окружение в качестве единой парадинамической (в данном случае и парагенетической) системы, так как

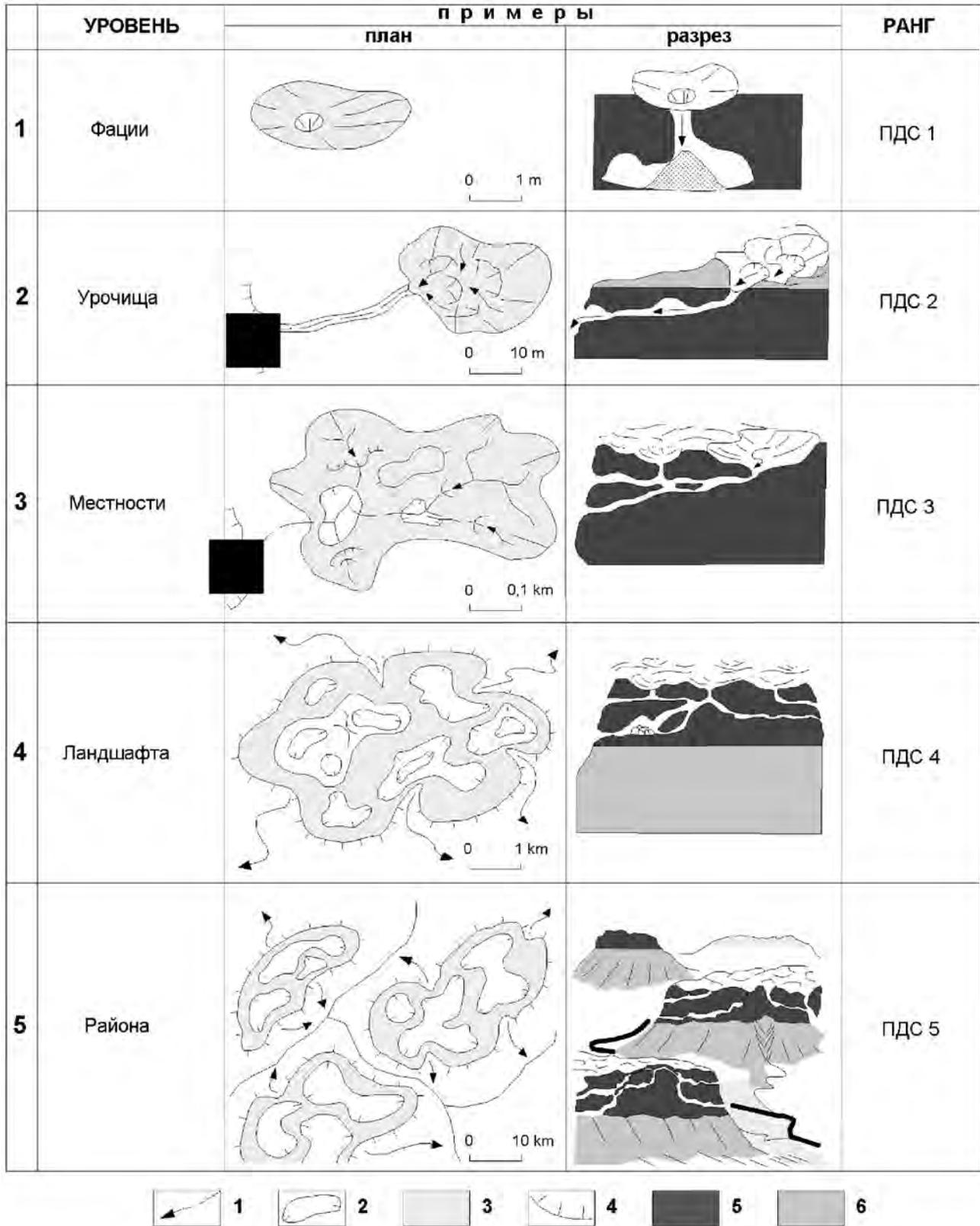


Рис. 9. Примеры карстовых парадинамических систем разного ранга.

Fig. 9. Examples of karstic paradynamic systems of different rank.

все ее части генетически и функционально (смысл, инфильтрация, перемещение материала) связаны между собой. Так же и более крупное поверхностное карстовое образование, например крупную оползневую воронку или карстовую долину, заканчивающуюся понором, следует рассматривать как поверхностный член парадинамической системы, подземной частью которой является пещерная система, формируемая исчезающим под землей потоком (рис. 9-2, 3). Да и сам карстовый ландшафт в целом можно рассматривать в качестве крупной парадинамической системы, состоящей из динамически сопряженных поверхностной и подземной частей (рис. 9-4, 5).

Таким образом, сущность карстовых ландшафтов как геосистем, определяется как специфическим составом (большее разнообразие) и пространственным расположением (ярусность) слагающих их элементов (геокомпонентов и геокомплексов), так и специфическим – *карстовым* – способом их взаимодействия (сопряжения), ярко проявляющегося в формировании своеобразного – *карстового типа* парадинамических (парагенетических) геосистемных образований.

Связи КЛ с внешним окружением

Карстовые ландшафты, как и все ландшафты, являются *открытыми динамическими* системами и связаны вещественно-энергетическими потоками со своим окружением. Характер внешних связей КЛ с окружающими ландшафтами во многом определяется их гипсометрическим положением. Так, *автогенное* положение КЛ (приподнятость над своим окружением, например КЛ Крымских яйл) предполагает преимущественно одностороннюю (со стороны КЛ) вещественно-энергетическую связь (Якуч, 1979). При *аллогенном* положении (ниже или на уровне своего окружения, как это часто бывает на Урале, например) в КЛ сосредотачиваются вещественно-энергетические потоки, что сказывается на его закарстованности. При *транзитном* положении КЛ оказывает на вещественно-энергетические потоки значительное трансформирующее влияние. Оно проявляется в уменьшении или увеличении поверхностного стока (притока) в соседний ниже-расположенный ландшафт, поступлении в него более минерализованных вод и т.д.

Границы между карстовыми и некарстовыми ландшафтами носят обычно отчетливый, резкий характер. Это связано с ярко выраженными различиями физиографического облика карстовых и некарстовых ландшафтов, которые подчеркиваются, прежде всего, рельефом. Резкие

геоморфологическая (рельеф) и соответствующая ей морфологическая (латеральная структура) границы часто имеют тектоническую предопределенность (разлом, сброс) (рис.10-А) и *линейный* в плане характер. При отсутствии разрывных нарушений, например при моноклинальном погружении карстующихся пород под некарстующиеся отложения, граница между КЛ и некарстовыми ландшафтами приобретает переходный характер (рис. 10-Б). В плане ее очертания неровные, *извилистые*, отражающие неравномерное, эрозионно зависимое изменение мощности покрова, изолирующего карстовые толщи от дневной поверхности.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ КАРСТОВОГО ЛАНДШАФТА

Функционирование КЛ

Функционирование любого ландшафта (как геосистемы) – это закономерный, непрерывный, периодически повторяющийся, циклический процесс массоэнергообмена между составляющими его элементами. Функционирование КЛ очень сложно. Как и в некарстовых ландшафтах, оно определяется структурой геосистемы (количеством элементов и характером связей между ними), процессами,

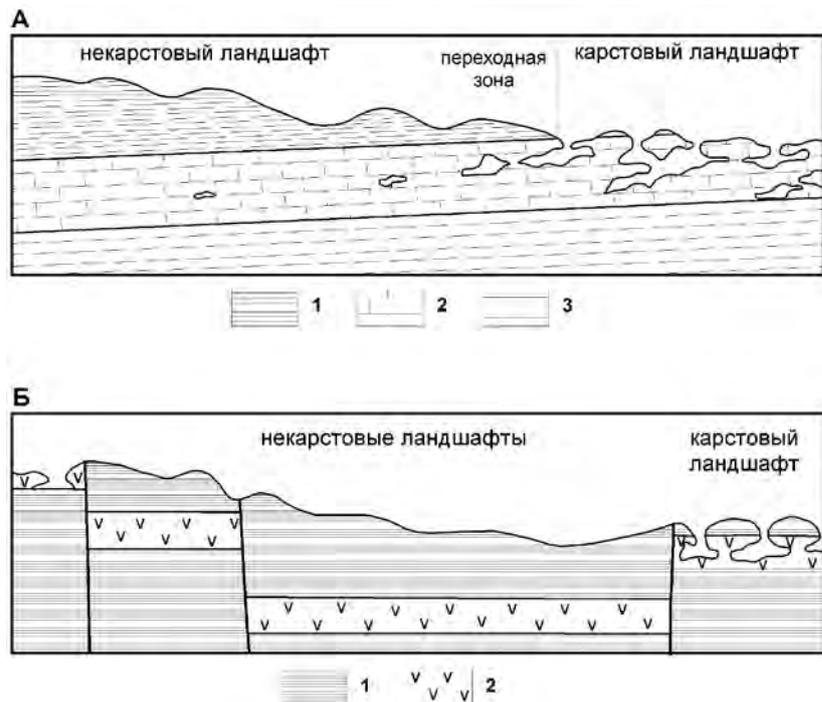


Рис. 10. Примеры границ карстовых и некарстовых ландшафтов: А – постепенная – с переходной зоной (в случае моноклинального залегания карстующихся пород): 1 – некарстующиеся покровные отложения, 2 – карстующиеся известняки, 3 – некарстующиеся подстилающие отложения. Б – резкая (в случае разломного ограничения распространения карстующихся пород): 1 – некарстующиеся отложения, 2 – карстующиеся гипсы, 3 – линии сброса.

Fig. 10. Examples of borders between karstic and non-karstic landscapes: А – gradual – with transitional zone (in the case of monocline bedding of karst rocks): 1 – non-karstic cover rocks, 2 – limestone, 3 – non-karstic underlie rocks. Б – distinct (in the case of fault-caused limitation of karst rocks distribution): 1 – non-karstic rocks, 2 – gypsum, 3 – fault lines.

происходящими как внутри, так и вне ее. Но структура карстовых ландшафтов более сложна и, к тому же - необычна - более объемная, вертикально «растянутая», «зеркальная». Во взаимодействии вовлечены элементы и поверхностной и подземной его подсистем. Более того, именно *взаимодействие элементов обеих подсистем составляет главную особенность функционирования КЛ*. Именно в наземно-подземной этажной структуре карстовых ландшафтов заложены главные «физико-энергетические» противоречия, приводящие в движение массоэнергообмен между их элементами. Так, формирование полостей в подземной системе вызывает образование провалов в наземной, обуславливает поглощение водных потоков и т.д. Изменения на поверхности (тампонаж карстовых воронок, обезлесивание) влекут за собой изменение процессов, протекающих в подземной подсистеме (заполнение полостей или наоборот - вымыв заполнителя). Активность («функциональное напряжение») взаимодействия двух ярусных

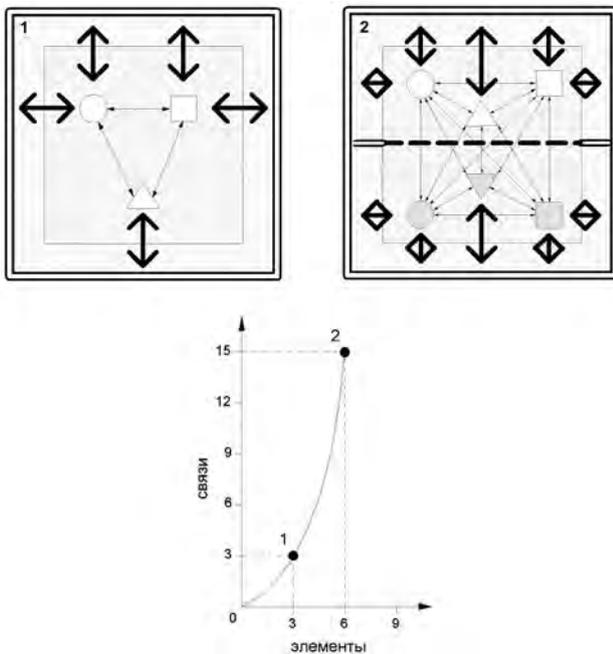


Рис. 11. Упрощенная (на уровне главных геокомпонентных блоков) функциональная структура некарстовых (1) и карстовых (2) ландшафтов: Тонкие стрелки – взаимодействия элементов внутри геосистемы, толстые – связи геосистемы с окружением: □ - абиотический блок, ○ - биотический блок, Δ - социотический блок (человек). График показывает степень усложнения функциональной структуры геосистемы (экспоненциальный рост количества внутренних связей) по мере роста количества слагающих ее элементов. Номера 1 и 2 на графике соответствуют некарстовому (1) и карстовому (2) ландшафтам.

Fig. 11. Simplified (on the level of main geocomponent blocks) functional structure of karstic (1) and non-karstic (2) landscapes: Thin arrows indicate interactions inside the geosystem, thickened arrows indicate relations of the geosystem with its surroundings: □ - abiotic block, ○ - biotic block, Δ - anthropogenic block (man). The graph shows the degree of complication of the geosystem functional structure (exponential growth of number of inner links) due to growing number of elements that comprise the geosystem. Numbers 1 and 2 on the graph correspond to non-karstic (1) and karstic (2) landscapes.

подсистем – «этажей» ландшафта зависит от высотного перепада между ними, возраста, типа карста (морфогенетического, литологического и др.) и других обстоятельств.

Функциональная структура КЛ показана в очень упрощенном виде (на уровне даже не элементов, а только их вещественных блоков) на рис. 11. Видно, что пропорционально количеству элементов (в данном случае лишь блоков) ландшафта возрастает количество функциональных связей между ними. Причем, при увеличении количества элементов системы количество связей между ними возрастает не арифметически, а геометрически. Отсюда понятно, что функционирование карстовых ландшафтов намного сложнее, чем некарстовых. Это необходимо учитывать как при изучении КЛ (специфика методики), так и при разработке проектов природопользования в их пределах.

Динамика КЛ

Под динамикой ландшафта обычно понимают изменения, происходящие в нем под действием как внутренних (взаимодействие элементов), так и внешних (взаимодействие с окружением) факторов. Эти изменения не нарушают принципиального характера структуры ландшафта и могут иметь *обратимый* характер - например, сезонно-циклические изменения, восстановительные смены (сукцессия), обусловленные действием естественных (пожар, паводок) или антропогенных (вырубка леса, осушение) факторов. Тем не менее, со временем, происходящие в ландшафте изменения становятся заметными (вырастает лес, увеличивается мощность почвенного профиля и т.д.), особенно в случае проявления катастрофических процессов (оползни, паводки и т.д.).

Структурная сложность КЛ, качественное разнообразие слагающих его элементов и связей, более высокая «энергоёмкость» (обусловленная вертикальностью структуры, перепадами) предполагает более сложный характер и *большой динамизм* изменений, происходящих в нем, чем в некарстовых ландшафтах. Большое значение имеют при этом не только разнокачественность (агрегатная, физическая, химическая) элементов, но и различия их *пространственного расположения* по отношению к внешним преобразующим и стабилизирующим факторам динамики: наземная подсистема КЛ теснее связана с его «экзоокружением», а подземная – с «эндоокружением». Наземная подсистема непосредственно воспринимает воздействие факторов внешней среды (осадки, радиация, антропогенное влияние), подземная - воздействие факторов внутренней среды (например, гидродинамические события под землей – паводки в пещерах, обрушения сводов и т.д.). С этим связано некоторое запаздывание реакции подземной подсистемы на события в наземной и наоборот. В этом смысле можно говорить о некоторой *асинхронности* изменений в структурных подсистемах КЛ. Классическим примером в этом отношении является реакция КЛ на ливневые осадки. Вначале воздействие принимает на себя наземная часть (поглощение понорами, фильтрация через эпикарстовую зону). Спустя только несколько часов,

иногда суток, происходит повышение уровня вод под землей или концентрация вод в подземных реках (подземная подсистема), а затем - через определенное, иногда длительное время - воды появляются также на поверхности (в наземной подсистеме).

Таким образом, динамическое воздействие отражается на всей геосистеме, но в механизме его нейтрализации наземная и подземная подсистемы действуют *асинхронно*.

Явление асинхронности подчеркивает относительную *динамическую автономность* наземной и подземной подсистем КЛ, стабилизирующие (за счет внутренних факторов) особенности их динамики. В некарстовых ландшафтах внутренним стабилизирующим фактором являются устойчивые связи между его элементами (геокомпонентами) и блоками (-абио, -био, и социогенным). В карстовых ландшафтах элементы и блоки наземной подсистемы устойчиво связаны не только между собой, но и с соответствующими элементами подземной подсистемы, образуя *объемную в пространстве и метакронную во времени* динамическую структуру. Структурная сложность системы (соразмерность со сложностью своего окружения), как известно, является необходимым условием ее стабильности, инвариантности. В карстовом ландшафте, как видно, это требование не только удовлетворяется, но, в некоторой степени, «перевыполняется», прежде всего, за счет внутрисистемных наземно-подземных связей-взаимодействий.

Устойчивость КЛ

Структурная специфика КЛ (ярусность) и его сложность определяют более высокую степень его *устойчивости*, а также - специфику механизма(ов) устойчивости. Воздействие факторов внешней среды на одну подсистему опосредуется другой, смягчающей силу этого воздействия. В этом смысле можно говорить о *буферном* механизме устойчивости КЛ. Для наземной подсистемы при воздействии снизу (землетрясения, сдвиги, обвалы и т.д.) буферной является подземная часть КЛ. Она, в свою очередь «прикрыта», в определенной степени наземной подсистемой от воздействия агентов внешней среды (колебаний температуры, непосредственного воздействия осадков, снега и т.д.).

В то же время структурная «проницаемость» (поноры, подземные полости и каналы) и взаимосвязь подсистем КЛ (провалы, входы-выходы пещер и шахт) обуславливает его способность поглощать и пропускать через себя вредные воздействия (например загрязнения) или накапливать инородные вещества без видимого вреда для системы. Так, поглощая через трещины и поноры загрязнения, наземная подсистема сохраняет, в отличие от некарстовых ландшафтов, свою чистоту. Иногда это происходит за счет накопления загрязнений в подземной подсистеме, но чаще, последняя, ввиду высокой пропускной способности своих коллекторов (несравненно более емких, чем подземное основание некарстовых ландшафтов) в достаточно короткое время также очищается от загрязнений. Способствует этому и водообильность (функция емкости), и часто турбулентный характер движения карстовых вод

под землей. В этом состоит *адаптивный* механизм устойчивости КЛ к воздействиям извне.

Своеобразие развития и эволюция КЛ

Специфика динамики карстового ландшафта, *ведущая роль в ней внутрисистемных взаимодействий элементов* (геокомпонентов, подсистем) является причиной яркой выраженности процессов *саморазвития* и *автономизации* КЛ, интегрирующих его системно и типизирующих физиономически.

По мере своего развития (в процессе которого преобладающее значение все более приобретают внутрисистемные наземно-подземные взаимодействия, а не связи с окружением), карстовые ландшафты все более *обособляются* и выделяются на фоне окружающих ландшафтов. В КЛ существенно уменьшается (из-за поглощения) поверхностный сток, поэтому на его границах бровки склонов выражены более резко. Поверхность КЛ часто имеет платообразный, столовый вид. Разрушение его поверхности незначительно из-за поглощения поверхностных вод под землю, слабого развития поверхностного стока и смыва (особенно в горах). Напротив, в подземной подсистеме денудационные процессы проявляются более активно (сосредоточение вод – главного агента карстовой денудации). Следовательно, карстовый ландшафт как бы «консервирует», сохраняет свой внешний облик, наружный «каркас» за счет сработки себя изнутри (образование полостей). В результате КЛ часто возвышается над соседними некарстовыми ландшафтами, всю энергию экзогенных воздействий в которых принимает на себя их поверхность. Вместе с тем, интенсивность ландшафтных процессов в КЛ часто выше, чем в окружающих их литогенных, но некарстовых ландшафтах. Преобразующая роль воды в них выше: в субстрате КЛ вода производит двойное разрушение: одновременно с химическим растворением происходит процесс физического (механического) дробления и выноса карстующейся породы.

Из-за ведущей роли (в формировании облика и определении функциональной сущности) внутриландшафтных взаимодействий карстовый ландшафт, по сравнению с некарстовыми ландшафтами, менее зависим от своего «экзосистемного» (зонального, секторного, провинциального и т.д.) окружения. Поэтому, часто говорят об *азональных* и других «аномальных» свойствах карстового ландшафта. Н.А.Гвоздецкий (1972, 1977) считает целесообразным выделять КЛ в *самостоятельный тип ландшафтов*, которые невозможно отнести ни к одному из зональных (широотно-зональных и высотно-поясных) типов.

Из внешних факторов на развитие карстовых ландшафтов большое влияние оказывает их *ландшафтно-зональное положение* (экзогенный - климатический фактор) и характер *движений земной коры* (эндогенный - тектонический фактор). В КЛ одновременно с процессами растворения и выноса материала имеет место его осаждение и накопление. Наиболее активно процессы растворения и аккумуляции протекают в карстовых ландшафтах тропиков, менее активно – в КЛ умеренного пояса и еще слабее – в карсте полярных и пустынных областей. Эволюционное

для КЛ значение тектонических движений проявляется в изменении общих условий карстообразования и в соответствующей смене типов карстовых ландшафтов. При восходящих тектонических движениях происходит последовательная смена закрытого, приоткрытого, взрезанного, раскрытого типов КЛ (Климчук, 2009; Klimchouk, 1996).

Учитывая конечный характер мощностей карстующихся пород, в регионах устойчивых тектонических поднятий, можно говорить о карстовом ландшафте как о *стадии* в развитии ландшафтов той или иной территории. Природная среда КЛ ввиду своей специфики оказывает *видоформирующее воздействие* на растительность (наземная подсистема КЛ) и животный мир (подземная подсистема КЛ – формирование троглобионтов). Карстовые стадии в развитии ландшафтов тех или иных регионов географической оболочки также сыграли свою роль в эволюции ее органического мира.

Следует отметить, что внутренние факторы динамики и развития КЛ являются главными в формировании их функциональной целостности и физиономических особенностей, в то время как внешние факторы определяют, главным образом, интенсивность внутриландшафтных взаимодействий и эволюционную тенденцию, т.е. образуют динамический фон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системная природа КЛ предполагает специфику их использования и охраны. Наличие подземных пустот в КЛ создает существенные проблемы использования его наземной части, но в то же время повышает общий *ресурсный потенциал* ландшафта. Наземная и подземная его части могут одновременно использоваться для разных целей. Однако такое комбинированное пользование не должно быть противоречивым. Так, например, несовместимы строительство в наземном ландшафте и забор вод из подземного, активизирующей коррозионные и суффозионные процессы и вызывающей провалы и просадки на поверхности.

Охрана карстового ландшафта должна быть комплексной и осуществляться с учетом системообразующих связей его элементов (Андрейчук, Стефанов, 2008). Невозможно сохранить чистоту подземных вод, если в воронки на поверхности сбрасывается мусор, стоки или трупы животных. Карстовый ландшафт или составляющие его геосистемные образования должны охраняться в единстве подземной и наземной частей.

ЛИТЕРАТУРА

Андрейчук В.Н., Воропай Л.И. Карстовый ландшафт как геосистема // Проблемы изучения карстовых ландшафтов. Пермь, 1993. - С. 37-52.

Андрейчук В.Н. Карст как геоэкологический фактор. Высшая школа экологии в Сосновце-УИСК, Сосновец-Симферополь. 2007. - 137с.

Андрейчук В.Н, Стефанов П. Принципы охраны карстовых территорий / Спелеология і карстология, 2008, № 1. – С. 54-59.

Видина А.А. О диагностических признаках ландшафта и его морфологических частей // Ландшафтный сборник, М.: Изд-во

МГУ, 1970. - С. 160-181.

Воропай Л.И., Андрейчук В.Н. Особенности карстовых ландшафтов как геосистем - Черновцы: Изд-во Черновицкого университета, 1985. - 81 с.

Гвоздецкий Н.А. Карст. Вопросы общего и регионального карстоведения. - М.: Географгиз, 1954. - 1 - 351 с.

Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М.: Мысль, 1972. -391с.

Гвоздецкий Н.А. Карстовые ландшафты и их ранг в связи с типами карста // Вопросы общего и регионального карстоведения. М., 1977. - С. 3-23.

Гвоздецкий Н. А. Карстовые ландшафты. М.: Изд-во МГУ, 1988. - 112с.

Гергедава, Б.А. Подземные ландшафты. Тбилиси: Мецниереба, 1983. - 137с.

Дьяконов К.Н. Пространственно-временная сопряженность функционирования геосистем. Геоэкология, глобальные проблемы // Мат. К 1X съезду ГО СССР. Казань, 1990. - С. 8-15.

Климчук А.Б. Эпикарст: гидрогеология, морфогенез и эволюция. - Симферополь: УИСК-Сонат, 2009. - 112 с.

Миллер Г.П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. Львов: Изд-во «Вища школа», 1974. - 201с.

Охрана ландшафтов. Толковый словарь. М.: Прогресс, 1982. - 272с.

Преображенский В.С. Организация, организованность ландшафта. М., 1986. - 20с.

Солнцев В.Н. Системная организация ландшафтов. М.: Мысль, 1981. – 238с.

Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. - 318с.

Чижишев А.Г. Проблемы изучения карста Русской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1979. - 303с.

Якуч Л. Морфогенез карстовых областей. М.: Прогресс, 1979. - 386с.

Andrejchuk V. N., Klimchouk A. B. Geomicrobiology and Redox Geochemistry of the Karstified Miocene Gypsum Aquifer, Western Ukraine: The Study from Zoloushka Cave // Geomicrobiology Journal, 18, 2001. - S. 275-295.

Bella P. Cave as a morphogeographic system and evaluation of spatial differentiation of underground geosystems // Caves and Man. Proceedengs, International Symposium (1994), Liptovský Mikulaš, 1995. – P. 30-38.

Bella P. Priestorová a chronologická štruktúra jaskynných geosystémov. Základné teoreticko-metodologické aspekty. Slovenský kras, 36, 1998. - S. 7-34.

Bella P. Topické a chorické jaskynné geosystémy, ich časopriestorové zmeny, stabilita a ochrana. // Teoreticko-metodologické problémy geografie, príbuzných disciplín a ich aplikácie. Zborník referátov, UK, Bratislava, 1999. – S. 75-84.

Bella P. Geoekologický výskum jaskynných geosystémov – príklady priestorovej a chorologickej štruktúry geosystémov vybraných jaskýri na Slovensku // Slovenský kras, 38, 2000. - S. 67-92.

Bella P. Jaskyne ako prírodné geosystémy. Geoekologický výskum a enviromentálna ochrana. Liptovský Mikulaš, 2008. – 166s.

Jakal J. Krasová krajina ako špecifický prírodný geosystém. Slovenský kras, 24, 1986. - P.3-26.

Klimchouk A. The typology of gypsum karst according to its geologic and geomorphologic evolution // Gypsum karst of the world: International Journal of Speleology, 25, no 3-4, 1996. – P. 49-60.



О.И. Кадебская, Н.Г. Максимович, У.В. Жакова

Карстовые формы в районе Ординской пещеры (Пермский край, Россия)

Кадебская О.И., Максимович Н.Г., Жакова У.В. Карстовые формы в районе Ординской пещеры (Пермский край, Россия) // Спелеология и карстология, - №3. – Симферополь. – 2009. С. – 60-65.

Резюме: В статье приведены результаты изучения подземных и поверхностных карстовых форм района развития Ординской пещеры. Представлены данные по геоморфологии и тектонике и произведена оценка карстоопасности исследуемой территории.

Ключевые слова: карст, карстовые формы, пещера, карстоопасность.

Кадебска О.І., Максимович М.Г., Жакова У.В. Карстові форми в районі Ординської печери (Пермський край, Росія) // Спелеологія і карстологія, - №3. – Симферополь. – 2009. С. – 60-65.

Резюме: У статті наведені результати вивчення підземних та поверхневих карстових форм району розвитку Ординської печери. Наведені дані з геоморфології та тектоніки, виконана оцінка карстової небезпеки досліджуваної території.

Ключеві слова: карст, карстові форми, Печера Ординська, карстова небезпека.

Kadebskaya O.I., Maximovich N.G., Zhakova U.V. Karst features in the vicinity of the Ordynskaya Cave (Perm Region, Russia) // Speleology and Karstology, - №3. – Simferopol. – 2009. – P. – 60-65.

Abstract: The paper presents describes underground and surface karst features in the area of the Ordynsky Cave, the longest underwater cave in gypsum. Geomorphology and tectonics of the area are also described, and subsidence hazard is assessed. Key words: karst, karst features, Ordynskaya cave, karst subsidence hazard.

ВВЕДЕНИЕ

Подводная Ординская пещера находится в массиве Казаковской горы в 1,5 км северо-западнее с. Орда (Пермский край), в междуречье р. Ирень и ее притока р. Кунгур.

В геоморфологическом отношении участок, примыкающий к пещере, относится к приподнятой равнине, умеренно расчлененной суходолами. Казаковская гора представляет собой пологосклонный холм с плоской вершиной. Абсолютные отметки рельефа от 137,0 м (урез воды пруда на р. Кунгур), до 196 м (высшей отметки Казаковской горы). Участок входит в Иренский район интенсивного карста в гипсах и ангидритах и граничит с востока с районом карбонатного карста сводовой части Уфимского плато (К.А. Горбунова и др., 1992). На скорость карстовых процессов в пределах Казаковской горы влияет нарушение и разуплотнение верхнего слоя отложений при разработке карьеров. Верхняя толща неоген-четвертичных отложений и известняки туюнской пачки иренского горизонта переработаны и частично изъят

тремя карьерами общей площадью 0,075 км², что составляет 7,5 % от исследованной территории.

Первое упоминание об Ординской пещере в литературе появилось в 1969 г. (Г.А. Максимович, 1969), а активное исследование началось в начале 90-х гг. прошлого столетия, когда пермскими спелеологами была закартирована сухая часть пещеры. В марте 1994 г., после погружения в озеро в привходовом гроте, В. Комаровым были пройдены первые 100 м подводных ходов. Пещерный лабиринт вытянут от входа в северо-западном и юго-западном направлении. Гроты пещеры вскрывают туюскую, демидковскую, елкинскую, шалашнинскую, неволинскую и ледянопещерскую пачки иренского горизонта нижнего отдела пермской системы.

На протяжении последних 10 лет ведется съемка подводной части Ординской пещеры. Общая длина известных галерей пещеры на сегодняшний день составляет более 4600 м, а амплитуда высот между подошвой и кровлей пещеры равна 50 м. В 2007 г. был составлен новый план Ординской пещеры (съемка Д. Осипова и др.). На данный момент она является самой длинной в Мире подводной пещерой в сульфатных отложениях.

В тектоническом отношении участок расположен на пологом западном крыле Уфимского вала Восточно-Европейской платформы, ось которого погружается в

© О.И. Кадебская^{1*}, Н.Г. Максимович², У.В. Жакова²

¹ Горный институт УрО РАН, Пермь

² Естественнонаучный институт Пермского государственного университета

* Корреспондирующий автор. E-mail: icacave@bk.ru