

Wiaczesław Andrejczuk

Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej, 21-500 Biała Podlaska, ul. Sidorska 95/97, Polska;
e-mail: czeslaw.andrejczuk@gmail.com

KRAJOBRAZ KRASOWY W UJĘCIU SYNERGETYCZNYM

Андрейчук В. **Карстовый ландшафт как синергетическое явление.** Специфика карстового ландшафта хорошо известна. Автор представляет карстовый ландшафт как отдельную эволюционную стадию карстового мега-цикла рассматриваемого как синергетическое явление.

Andreychouk V. **Karst landscape from synergetic point of view.** Specificity of the karst landscape is well known. The author proposes to look at the karst landscape as at the separate evolutionary stage of a karst megacycle, considered as a typical synergetic phenomenon.

Słowa kluczowe: krajobraz krasowy, synergetyka

Ключевые слова: карстовый ландшафт, синергетика

Key words: karst landscape, synergetics

Zarys treści

Specyfika krajobrazu krasowego jest dobrze znana. Krajobraz ten różni się od innych genetycznych jego typów pod względem strukturalnym, procesualnym oraz fizjonomicznym. Różnice te wynikają z jego swoistej organizacji (strukturalno-funkcjonalnej). Autor proponuje wizję krajobrazu krasowego jako odrębnego stadium ewolucyjnego megacyklu krasowego, rozpatrywanego jako typowe zjawisko synergetyczne.

WSTĘP

Obszary (krajobrazy) krasowe są bardzo specyficzne. Różnią się one od innych charakterystyczną rzeźbą, stanowiącą odrębny typ genetyczny, szczególnym reżymem wodnym i siecią hydrograficzną (lub jej brakiem), swoistymi rodzajami gleb (np. rędziny), ekosystemami o odmiennym składzie gatunkowym flory i fauny, a także swoistym charakterze morfologicznych i fizjologicznych przystosowań organizmów do specyficznych (krasowych, jaskiniowych) warunków środowiskowych.

Wyraźnie zaznaczająca się odmienność obszarów krasowych związana jest, jak dobrze wiadomo, ze szczególnym procesem, zachodzącym w skorupie ziemskiej i na jej powierzchni – rozpuszczaniem przez krążące wody określonej grupy podatnych na to rozpuszczanie skał (tzw. skał krasowiejących). Proces ten w swej istocie ma naturę hydrologiczną (hydrogeologiczną), ponieważ dotyczy oddziaływania wód na skały i zachodzi głównie pod ziemią. W miarę hy-

drologicznego „dojrzewania” masywu skalnego, proces rozpuszczania stopniowo (ewolucyjnie) przekształca się w *proces krasowy*, który z kolei „powołuje do życia” szereg innych – towarzyszących i pochodnych procesów (erozja, zapadanie się powierzchni gruntu, obwały, osuwiska itp.), stając się *systemem procesów*. Działając wspólnie pod ziemią i na jej powierzchni procesy te kształtują rzeźbę, a co za tym idzie – cały krajobraz, którego komponenty, zarówno abiotyczne (skały, wody, powietrze), jak i biotyczne (rośliny, zwierzęta) czy antropogeniczne (człowiek), wzajemnie dostosowując się tworzą specyficzny i złożony system środowiskowy – **krajobraz krasowy (KK)**.

System ten (geosystem krasowy) cechuje swoista organizacja, wynikająca z ewolucji samego procesu polegającego na samoorganizacji (stopniowy rozwój sieci kanałów, formowanie się próżni podziemnych itd.). Skutkiem (jak zresztą i przyczyną – na późniejszych etapach rozwoju) ewolucyjnej samoorganizacji jest wykształcenie specyficznej *przestrzennej i funkcjonalnej struktury* systemu krasowego (powiązań i wzajemnych oddziaływań elementów), stanowiącej istotę jego organizacji w dojrzałych stadiach rozwoju.

Specyfika krajobrazu krasowego w najbardziej szczegółowy sposób może być wyjaśniona i pokazana za pomocą *paradygmatu systemowego*. Wiąże się to z przedstawieniem KK, jako złożonego systemu przyrodniczego o charakterystycznym składzie budujących go elementów, ich specyficznym ułożeniu przestrzennym (strukturze) i sposobie wzajemnego oddziaływania (funkcjonowania).

W artykule sformułowano definicje i podstawowe koncepcje krasu i krajobrazu oraz pokazano kształtowanie się krajobrazu krasowego na tle ogólnej ewolucji geosystemu krasowego w ujęciu synergetycznym (samoorganizacja)(ANDREYCHOUK, 2014b).

KRAS

Zazwyczaj *kras* rozumie się zbiorczo – jako określenie kompleksu specyficznych *procesów, zjawisk i form* występujących w obrębie obszarów zbudowanych z tzw. skał krasowięjących i będących skutkiem trwałego oddziaływania na skały, znajdujących się w obiegu wód (atmosferycznych, powierzchniowych i podziemnych). Zawartych jest w tym pojęciu kilka aspektów tworzących ciąg genetyczny: procesualny → fenomenologiczny → morfologiczny, ze wspólnym mianownikiem w postaci określonego terytorium.

W sensie *procesualnym* (geodynamicznym) kras jest systemem procesów, wśród których wiodącą rolę „dyrygenta” całej „orkiestry geodynamicznej” – odgrywa chemiczny proces rozpuszczania skał w cyklu obiegowym wody w przypowierzchniowej strefie litosfery¹. Proces rozpuszczania stanowi siłę napędową rozwoju systemu krasowego, a postępując, uruchamia też inne procesy geodynamiczne – zarówno denudacyjne (erozja, procesy grawitacyjne, w tym zapadliskowe i stokowe), jak i akumulacyjne (powstawanie residuum rozpuszczania skał, wypełnienie próżni podziemnych osadami i utworami mineralnymi i in.).

W sensie *fenomenologicznym* procesom krasowym towarzyszą różnego rodzaju charakterystyczne zjawiska, często niespotykane poza obszarami krasowymi (zanikanie rzek pod ziemią, duże wypływy wód podziemnych na powierzchnię, zapadanie się gruntu itp.).

W sensie *geomorfologicznym* skutkiem procesów krasowych są liczne specyficzne formy rzeźby, powstające pod ziemią (kawerny, kanały, próżnie, jaskinie, systemy jaskiniowe) oraz na jej powierzchni (żłobki, leje, depresje, doliny krasowe, ostańce krasowe itp.).

Kras jest jednocześnie produktem ewolucyjnym specyficznych warunków środowiskowych, jak i kreatorem specyficznego środowiska przyrodniczego. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z całym szeregiem czynników (geologicznych, hydrogeologicznych, geomorfologicznych, klimatycznych, biologicznych itp.) uczestniczących w procesie rozwojowym krasu, w drugim – z szeregiem skutków jego od-

działywania na podłoże geologiczne, wody powierzchniowe i podziemne, gleby itp., czyli na komponenty krajobrazu. Na tym polega wieloaspektowość krasu i z tym są związane różne akcenty stawiane w definicjach krasu przez przedstawicieli poszczególnych dyscyplin z zakresu nauk o Ziemi.

Geolodzy widzą w krasie przede wszystkim rodzaje skał (masywów, formacji), ulegających specyficznym przeobrażeniom pod wpływem rozpuszczającej działalności krążących w masywach wód. Rozpatrują go zarówno, jako jeden z mechanizmów ich destrukcji, jak i tworzenia się (krasolitogeneza), w tym powstawania specyficznych surowców mineralnych (tzw. złóż krasowych). Hydrogeolodzy zwracają uwagę przeważnie na specyficzne warunki i osobliwości krążenia wód w krasowych masywach skalnych (czyli na ich reżim) oraz na kształtowanie się ich zasobów w tzw. kolektorach krasowych. Geomorfolodzy zaś podkreślają specyfikę rzeźby (odmienny typ), rozwijającej się w obszarach krasowych. Geografowie, patrząc na kras najbardziej kompleksowo i wieloaspektowo, rozpatrują go, jako swoisty typ środowiska przyrodniczego, powstającego na skutek „systemointegrującego” oddziaływania krasu na wszystkie elementy środowiska: podłoże skalne, wody, rzeźbę, życie organiczne, glebę, itd. Wskutek rozwoju krasu, krajobraz niekrasowy stopniowo przeobraża się w krajobraz krasowy, czyli obszar o specyficznym charakterze rzeźby, stosunków wodnych, warunków mikroklimatycznych, flory i fauny oraz warunków życia człowieka.

Odpowiednio do badanych (wspomnianych i pominiętych) aspektów, w nauce o krasie (krasologii) wyróżnia się różne działy tematyczne, np.: geologia krasu, hydrologia (w tym hydrogeologia) krasu, geomorfologia krasu, geochemia krasu itp. Wspomniane działy krasologii są dyscyplinami komponentowymi, badającymi przede wszystkim składniki środowiska krasowego. W ich arsenale metodycznym dominują więc metody analityczne, celujące w coraz głębsze poznanie składowych systemu krasowego. Badają one różne strony ogólnie pojmowanego systemu krasowego i w ten sposób reprezentują sobą różne aspekty badań krasologicznych (geologiczne, hydrologiczne, geomorfologiczne, biologiczne, geochemiczne itp.), lecz ze względu na jednostronny charakter, nie mogą stanowić adekwatnej (holistycznej) metodologii do badań krajobrazu krasowego, jako systemu przyrodniczego w całości. Spojrzenie i badanie całościowe reprezentować może tylko określone (kompleksowe, systemowe) podejście naukowe do problemu.

¹ Górna przypowierzchniowa część litosfery, w której obrębie woda, dzięki niskim temperaturom, przebywa w stanie ciekłym i znajduje się w obiegu, czasami jest nazywana jest *hydrolitosferą*.

METODOLOGIA CAŁOŚCIOWA W BADANIACH KRASOLOGICZNYCH

Podjęcie naukowe, jako kategoria naukowo-poznawcza, implikuje pewną całościową wizję badanej rzeczywistości oraz odpowiednią organizację procesu badawczego, czyli jest usytuowane nie w empirycznym (aspekt badawczy), a w metodologicznym (sposób badania przez określoną wizję) polu nauki. Termin „podjęcie” ma status ogólnonaukowy i jest narzędziem uniwersalnym (wspomnijmy o podejściach: kompleksowym, systemowym, zasadzie antropicznej i in.). Z reguły, podejścia jako takie są stosowane do obszarów badanej rzeczywistości (tematycznych, przestrzennych lub historycznych), mających oznaki względnej całościowości, strukturalności i złożonej organizacji (środowisko przyrodnicze, państwo, zbiorowisko organizmów, epoka renesansu, krajobraz itp.), co wymusza na badaczu konieczność adekwatnej strukturyzacji procesu poznawczego, właśnie stanowiącej istotę podejścia jako takiego. Dlatego stosowanie tych lub innych podejść w badaniach krasologicznych uwarunkowane jest całościowym spojrzeniem na kras, jako na pewnego rodzaju organizację. Może to być np. kras jako zbiór genetycznie i przestrzennie powiązanych procesów i zjawisk, środowisko krasowe (konkretny obszar krasowy wraz z zamieszkującym go człowiekiem), krajobraz krasowy, masyw krasowy itp. Tylko w stosunku do pewnej organizacji (krasowej) można stosować takie pojęcia metodologiczne oraz narzędzie badawcze jak podejście.

Obecnie w krasologii najczęściej są realizowane 4 główne podejścia: krasocentryczne, krasowo-środowiskowe, krasowo-krajobrazowe oraz krasowo-geosystemowe (ANDREJCZUK, 2010) (rys. 1).

Podejście krasocentryczne

Reprezentuje tematyczną wersję podejścia centrycznego, sugerującego rozpatrywanie poznawanej (badanej) rzeczywistości (obiektu, zjawiska, procesu, obszaru) jako pewnej organizacji, funkcjonującej w warunkach ścisłego uzależnienia (genetycznego) od pewnych czynników (rys. 1-1). W ramach danego podejścia kras jest rozpatrywany jako pochodna zbiorczego oddziaływania szeregu czynników i warunków środowiskowych, czyli obecności skał krasowiejących, krążących w masywie wód, szczelinowatości skał, agresywności wody, warunków drenażu i wielu innych, bardziej szczegółowych (litologia i struktura skał krasowiejących, ilość opadów, temperatura wód, itp.), wpływających na przebieg procesu krasowania lub na fizjonomię obszaru krasowego. Klasyczne przykłady tego podejścia można znaleźć, m. in., w radzieckiej literaturze krasologicznej z lat

50.–70. ubiegłego wieku (np. prace F. Sawarenskiego, D. Sokołowa, niektóre prace G. Maksymowicza, W. Dublińskiego, A. Czikiżewa, R. Tsykina i wielu innych). W pracach wspomnianych autorów były szeroko omawiane tzw. zagadnienia „warunków i czynników rozwoju krasu”². Dyskutowano na temat spektrum czynników krasotwórczych, które z tych czynników są ważniejsze (niezbędne, decydujące), a które mniej ważne itd., w stosunku do centralnego pojęcia krasu, czasem nawet bez względu na rozbieżności w definiowaniu samego krasu. Podejście to ujawniało się w charakterze prowadzonych badań krasologicznych, w strukturze opracowań monograficznych na temat krasu tych lub innych obszarów, w ułożeniu materiału w podręcznikach itd. Podejście to jest również stosowane obecnie, szczególnie w przypadkach prowadzenia kompleksowych badań krasologicznych na określonym terenie, jak również w pracach ogólnych na temat krasu.

Podejście krasowo-środowiskowe

Stanowi inną wersję podejścia centrycznego, czyli sugeruje rozpatrywanie relacji pomiędzy obiektem a jego otoczeniem (środowiskiem) (rys. 1-2). Podejście to jest obecnie stosowane na szeroką skalę w badaniach geoeologicznych (podejście ekologiczne, ekocentryczne, ekosystemowe – synonimy), w badaniach nad relacjami człowieka i przyrody (antropocentryczne) itd., czyli wówczas, kiedy bada się wpływ środowiska na obiekt (naturę, człowieka, organizm itp.) i na odwrót: oddziaływanie obiektu na swoje otoczenie. W nawiązaniu do krasologii, podejście to było (od czasów J. Cvijića) realizowane na szeroką skalę w badaniach krasologicznych przede wszystkim w zakresie geograficznym, kiedy kras rozpatrywano jako środowisko życia człowieka, łącznie z kwestiami determinizmu krasowego. Podejście to znalazło szerokie zastosowanie w krajach zlewiska Morza Śródziemnego, gdzie problemy krasu zawsze były powiązane z kwestiami wody i jej wykorzystania.

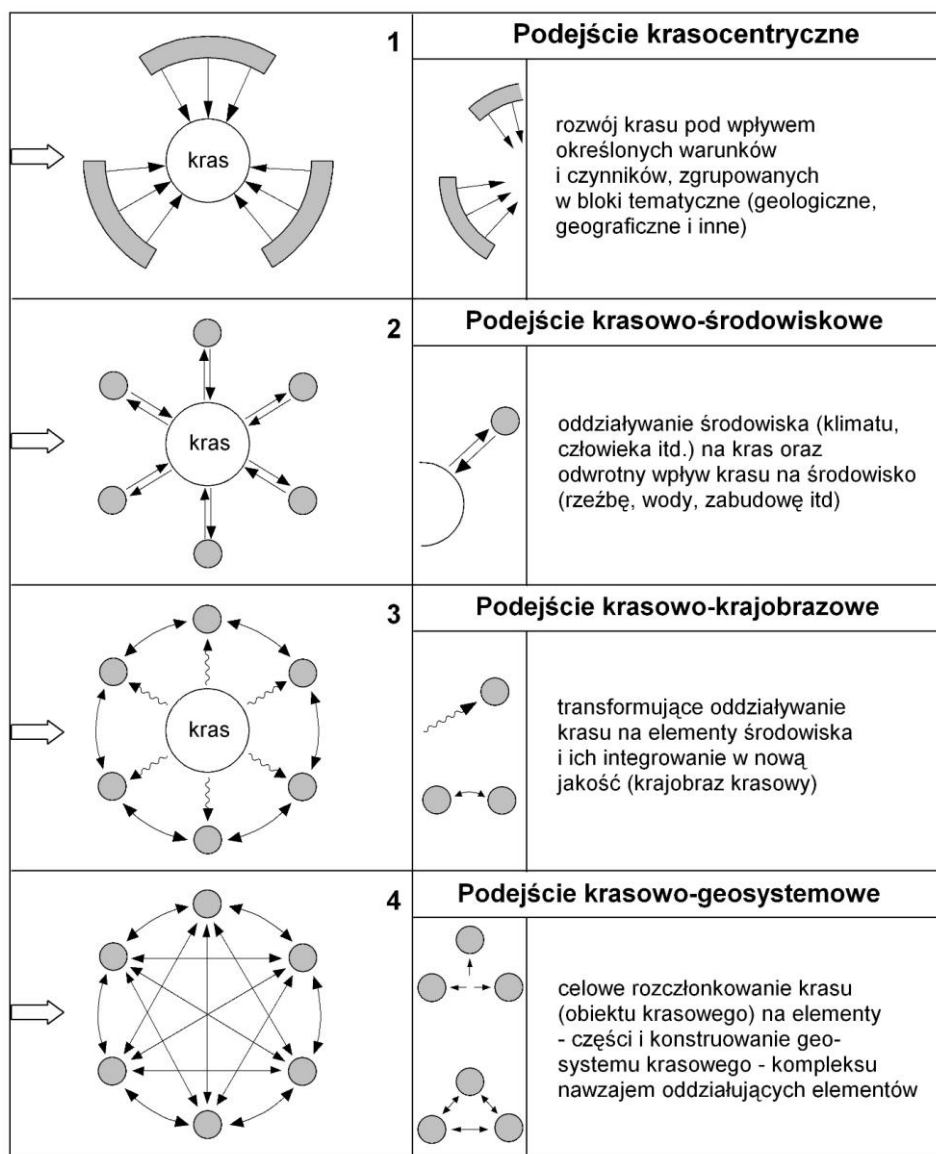
Podejście krasowo-środowiskowe (a szczególnie jego przeciwne skrzydło – oddziaływanie obiektu na kras) ożywiło się w ostatnich dziesięcioleciach, w związku z intensyfikacją gospodarczego oddziaływania człowieka na kras (na środowisko krasowe – tzw. kras technogeniczny, aktywizowany itp.) i towarzyszącymi mu następstwami, czasami katastrofalnymi (procesy zapadliskowe, osiadania terenu itd.).

² Za najbardziej rozbudowany przykład służyć może monografia Dmitrija Sokołowa *Osnownyje uslowija i faktory razwitiia karsta (Podstawowe warunki i czynniki rozwoju krasu)*, 1962.

Podejście krasowo-krajobrazowe

Jest szczególnym (krasowym) przypadkiem podejścia krajobrazowego (w rozumieniu krajobrazu szkoły wschodniej: jako pewnej terytorialnej, procesualnej i fizjonomicznej całości przyrodniczej). Podejście krajobrazowe sugeruje rozpatrywanie tego lub innego obszaru jako tworu całościowego, którego specyfika fizjonomiczna jest determinowana przez określone spektrum zachodzących w jego obrębie procesów przyrodniczych kształtujących jego wygląd (obraz) (procesy wulkaniczne – krajobraz wulkaniczny, eoliczne – krajobraz pustylny, krasowe – krajobraz krasowy itp.). Sugeruje się również, że ścisłość wewnętrznych powiązań komponentów (podłoża skalnego, wód, gleb, klimatu, bioty i in.) w tak pojmowanym krajobrazie (rys. 1-3), ze względu na jego procesualną specyfikę, jest wyższa od powiązań zewnętrznych

krajobrazu (z otoczeniem), czego wyrazem jest m. in. specyfika fizjonomiczna obszaru krajobrazowego. Uważa się również, że w kształtowaniu tego lub innego typu genetycznego krajobrazu zasadnicze znaczenie ma tzw. wiodący proces lub warunek, który integruje i podporządkuje przebieg innych procesów, ukierunkowuje rozwój krajobrazu i determinuje jego osobliwości. Taki warunek lub proces mogą stanowić: klimat (formowanie się krajobrazów pustynnych, polarnych), tektonika (krajobrazy dolin ryftowych), erozja i procesy osuwiskowe itp. Takim „predyspozytorem” rozwojowym lub czynnikiem wiodącym może być również występowanie na obszarze skał krasowięjących i krasu, który w trakcie rozwoju stopniowo podporządkowuje inne procesy i coraz głębiej przeobraża krajobraz, tworząc specyficzny (petrogeniczny, litogeniczny) jego typ – krasowy.



Rys. 1. Główne podejścia holistyczne w badaniach krasowych (Andrejczuk, 2010)

Рис. 1. Главные целостные подходы в карстологических исследованиях (Andrejczuk, 2010)
Fig. 1. Main comprehensive approaches to the karst study (Andrejczuk, 2010).

Podjęcie krasowo-krajobrazowe, w ujęciu opisanym powyżej, reprezentują głównie badacze wschodniej szkoły nauki o krajobrazie i – odpowiednio – krasolodzy (GWOZDIECKIJ, 1972, 1977, 1988; CZIKISZEW, 1975, 1979; WOROPAJ, ANDREJCZUK, 1985; ANDREJCZUK, PROSKURNIAK, 1993; PROSKURNIAK, ANDREJCZUK, 1998, 1999; ANDREJCZUK, 2007, 2014a i in.). Podjęcie to wydaje się bardzo wskazane przy wyjaśnieniu kwestii ewolucji obszarów krasowych (kształtowania się krajobrazu) oraz dla objaśnienia specyfiki ich środowiska przyrodniczego. Jest również pomocne przy rozpatrywaniu problemu gospodarowania w granicach obszarów krasowych oraz ich ochrony.

Podjęcie krasowo-geosystemowe

Jest szczególnym przypadkiem podjęcia systemowego, sugerującego rozpatrywanie badanego obiektu (zjawiska, obszaru) jako systemu, odpowiednią organizację procesu badawczego (algorytmu badawczego), a często również stosowanie specjalnych metod numerycznych (analizy systemowej, teorii grafów i in.) (rys. 1-4). Przy podjęciu systemowym obiekt jest przedstawiany jako zbiór elementów i powiązań między nimi, a samo badanie skupia się przede wszystkim na kwestiach interakcji pomiędzy elementami, ponieważ właśnie interakcje elementów determinują całościowe (systemo-pochodne) właściwości systemu.

Badania systemowe (jak i cała metodologia systemowa) coraz szerzej (już od kilku dziesięcioleci) są stosowane we wszystkich dziedzinach współczesnej nauki, w tym też w naukach przyrodniczych – biologii, ekologii, w mniejszym stopniu w geologii i geografii. Pomimo wielu innych zalet natury badawczej, podjęcie systemowe jest korzystne także dlatego, że pozwala na dość łatwą formalizację obiektu badawczego (funkcjonalnych powiązań jego elementów), co otwiera drogę do korzystania w szerokim zakresie z metod ilościowych oraz modelowania. Przy podjęciu systemowym możliwe jest najbardziej pełne i stosowne zbadanie obiektu, ponieważ przy jego zastosowaniu ujawniają się nie tylko właściwości obiektu, pochodne od właściwości jego składników (elementów), ale i właściwości indukowane poprzez interakcje elementów (właściwości strukturo-pochodne czyli całościowe, systemowe). Te ostatnie są właśnie najważniejsze przy planowaniu tych lub innych działań w środowisku, w krajobrazie, ponieważ pozwalają na dostrzeżenie trendów rozwojowych i otwierają możliwości prognozowania zmian. Dlatego systemowe wizje i badania środowiska są aktualnie najbardziej perspektywiczną i skuteczną metodologią.

Niestety, w badaniach krasologicznych podjęcie systemowe nie jest jeszcze szeroko stosowane. Jest to związane zarówno z dość wąskim zakresem badań krasowych na tle ogólnym badań przyrodniczych, jak i z brakiem wyraźnie sformułowanych koncepcji systemowych w krasie (systemowych wizji krasu). Pewien wyjątek stanowić mogą badania speleologiczne krążenia wód w masywach krasowych (krasowe systemy wodonośne realizujące cykl: zasilanie – tranzyt – odpływ). Chodzi przede wszystkim o ustalenie hydrologicznych (i nie tylko) powiązań obiektów (jaskiń, źródeł) i obszarów. W przypadku stosowania metod śledzenia przepływu wód ma miejsce sytuacja badawcza „czarnej lub szarej skrzynki”, kiedy wnętrze masywu jest niedostępne (lub dostępne częściowo) i o budowie wewnętrznej systemu krasowego oraz procesach w nim zachodzących można sądzić na podstawie parametrów „wejścia” i „wyjścia” systemu. W przypadku, kiedy istnieje możliwość speleologicznego „towarzyszenia” cyrkulacji wód w masywie krasowym, badając od wewnątrz ogniwa systemu krasowego – od wejścia do wyjścia – można mówić o sytuacji badawczej „białej skrzynki”.

Podjęcie systemowe może występować w kilku konfiguracjach metodologicznych, jak również różnorodne mogą być kreowane przez to podjęcie systemy (geosystemy) – modele badawcze. Inwariantem pozostaje jednak przedstawienie i badanie obiektu jako systemu. Podjęcie to bez wątpienia jest bardzo perspektywiczne w badaniach krasu, ponieważ obiekty krasowe (jaskinie, krasowe systemy wodonośne itp.) oraz obszary (masywy krasowe, krajobrazy) wyróżniają się złożonością swej budowy oraz dużym zróżnicowaniem procesów w nich zachodzących. A podjęcie systemowe, jak wiadomo, reprezentuje sobą konceptualne narzędzie do badania złożonych obiektów i zjawisk rzeczywistości (systemów).

Oczywiście, podane przykłady całościowych (a nie analitycznych, cząstkowych itp.) podejść do badań krasu są w znacznej mierze umowne. Nie jest jednakowa ich „waga metodologiczna”, a lista wcale nie wyczerpuje innych potencjalnych podejść. Tym niemniej, pozwalają one, zdaniem autora, na ustalenie „współrzędnych” rozmieszczenia całościowych badań krasologicznych w polu metodologii naukowej, co jest ważne przy wyborze strategii badań, a w przypadku danego opracowania – dla sformułowania autorskiego podjęcia do badanej kwestii – ujawnienia systemowej natury oraz specyficznej organizacji krajobrazu krasowego.

KRAJOBRAZ

W przyrodniczej literaturze naukowej istnieje wiele sposobów pojmowania i definiowania krajobrazu jako takiego. W celu uporządkowania tego zagadnienia, geografowie wyróżniają różne nurty i podejścia w definiowaniu tego pojęcia, które ze swej natury jest bardzo złożone i wieloaspektowe. W takiej sytuacji jedynym wyjściem dla badacza krajobrazu jest określenie przez niego – już na samym wstępie – przyjętego rozumienia pojęcia i uściślenie sensu, który się mu przypisuje.

Bardzo uogólniając, a nawet upraszczając zagadnienie należy zaznaczyć, że istnieje pewna różnica w postrzeganiu i definiowaniu krajobrazu pomiędzy badaczami ze wschodu (Europy Wschodniej i krajów byłego ZSRR) a geografami z Zachodu. Na wschodzie, w pierwszej połowie XX wieku pojęcie to w znacznej mierze uległo „mutacjom” (w stosunku do pierwotnego znaczenia jako *wyglądu obszaru, fizjonomii regionu, typu terenu* itp.). Zmiany polegały na wkładaniu w to pojęcie coraz więcej genetycznego sensu (czynniki kształtowania i genetyczne typy krajobrazu, struktura, hierarchia i klasyfikacja jednostek krajobrazowych). Z pojęcia przede wszystkim fizjonomicznego (forma), krajobraz stał się pojęciem bardziej genetycznym (treść). Zmieniła się również jego „geometria”: z falistej dwuwymiarowej „powierzchni” krajobraz został przekształcony w trójwymiarowe objętościowe „ciało”. Z czasem w ciele tym dostrzeżono pewną organizację i stało się ono tworem holistycznym – geokompleksem, geosystemem itd., badanym odpowiednimi metodami tzw. geografii kompleksowej. Większość badaczy na wschodzie w ten właśnie sposób nadal pojmuje krajobraz.

Na Zachodzie pojęcie to również było i jest używane różnym znaczeniu, nie wykraczając jednak poza obszar pewnego, fizjonomicznego inwariantu. Krajobraz nie był też traktowany przez badaczy zachodnich zbyt konkretnie i rygorystycznie. Pytania o genezę były rozpatrywane przede wszystkim w kontekście jego powierzchni i jej cech, czyli morfologii (geomorfologii) i wypełnienia przestrzeni (kształtu, rysunku, pokrycia terenów, ich zagospodarowania i porządkowania, w tym estetycznego itp.). Należy zauważyć, że w ostatniej dekadzie występuje tendencja do zbliżenia i wzajemnego przenikania bardziej rygorystycznego (genetycznego, geokomplexowego itd.) wschodniego oraz bardziej elastycznego (fizjonomicznego, morfologicznego itd.) zachodniego pojmowania krajobrazu.

W niniejszej pracy, autor będzie się trzymał podejścia wschodniego – szerszego, genetycznego i kompleksowego. Takie rozumienie krajobrazu – jako pe-

wnego całościowego systemu przyrodniczego – daje więcej możliwości zastosowania holistycznego podejścia i ujawnienia (w kategoriach systemologii) złożonej natury krajobrazu krasowego, jego organizacji. Za wejściową koncepcję mogą służyć podane niżej sformułowania.

Krajobraz to przyrodniczy³ terytorialnie zwarty, fizjonomicznie swoisty i funkcjonalnie całościowy system, składający się z przestrzennie powiązanych i oddziałujących na siebie nawzajem elementów: podłoża skalnego, rzeźby, wód powierzchniowych i podziemnych, klimatu, flory i fauny oraz gleb. Będąc tworem strukturalnie i funkcjonalnie całościowym, krajobraz cechuje się właściwościami emergentnymi, co ujawnia się w jego dynamice (ma zdolności samoregulacyjne) oraz ewolucji (procesy samorozwoju). Krajobraz cechuje swoista fizjonomia przestrzeni (widok, obraz, pejzaż), która na mapie uwidocznia się w postaci określonego rysunku-wzoru. W obrębie całego krajobrazu występują mniejsze, hierarchicznie zorganizowane i regularnie ułożone charakterystyczne jednostki terytorialne, które tworzą indywidualną kompozycję krajobrazową (mozaikę, pattern).

Krajobraz to twór o określonych wymiarach przestrzennych (zwykle od kilkuset do kilku tysięcy km²) i o charakterystycznej i złożonej strukturze wewnętrznej. Swoją drogą, stanowi organiczną część większych tworów terytorialnych (jednostek fizycznogeograficznych wyższej rangi funkcjonalno-przestrzennej). Wymiary (granice) terytorialne systemu krajobrazowego odpowiadają arealowi, w którego obrębie krajobraz zachowuje swoje charakterystyczne cechy fizjonomiczne. Typowość cech wynika z jednorodności budowy geologicznej, charakterystycznych form rzeźby i sposobów ich wzajemnego ułożenia, rysunku sieci hydrograficznej, pokrycia roślinnością oraz zachodzących w obrębie krajobrazu charakterystycznych dla niego procesów (przede wszystkim geomorfologicznych). Każdy krajobraz cechuje się indywidualnym „kodem kreskowym” kształtujących go sił i procesów.

KRAS W UJĘCIU SYNERGETYCZNYM

Jak wcześniej wspomniano, istniejące definicje krasu zazwyczaj nawiązują do jednego z trzech jego aspektów: procesualnego (kras jako mono- lub kompleksowy *proces*), fenomenologicznego (kras jako *zjawisko* lub zbiór specyficznych zjawisk) i geomorfologicznego (terytorialnego; kras jako *obszar* lub *rzeźba* z charakterystycznym zbiorem oznak). Tak jak w przypad-

³ Przyrodniczo-antropogeniczny w przypadku krajobrazu kulturowego.

ku pojęcia krajobrazu, obserwuje się pewne różnice w podejściach do definiowania krasu przez krasologów wschodnioeuropejskich oraz zachodnioeuropejskich i amerykańskich. Dla szkoły radzieckiej charakterystyczne było pojmowanie krasu jako procesu lub zjawiska, albo jedności procesu i zjawiska (w tym form) – z koncentrowaniem uwagi na aspekcie procesualnym. W literaturze zachodniej dominuje pojmowanie krasu jako obszaru ze szczególnymi formami i hydrologią – z akcentem na aspekt terytorialno-fenomenologiczny, etymologicznie bliższy samemu źródłu pojęcia (Wyżyna Kras).

KLIMCZUK i ANDREJCZUK (2010) proponują jeszcze inne – systemowe podejście do definicji krasu, opierające się na ideach synergetyki i niezrównoważonej termodynamiki I. Prigożyna, dotyczących samoorganizacji w systemach i formowania się struktur dysypatywnych. Kras jest rozpatrywany przez pryzmat samorozwoju struktur przepuszczalności w skałach krasowięjących w trakcie interakcji pomiędzy wodą a skałą (wodonoścem i masywem itp.). Istotą rozwoju i ewolucji krasu jest etapowa samoorganizacja struktury przepuszczalności (sieci kanałów), przejawiająca się w inicjacji, koncentrowaniu i integrowaniu się podziemnego spływu oraz zasadniczej intensyfikacji obiegu wody w masywie krasowym. Kras jest definiowany jako „*geosystem obiegu wody w obrębie określonej części hydrolitosfery, którego powstawanie i progresywna ewolucja cechują się samoorganizacją struktury przepuszczalności wraz z formowaniem się integrowanych systemów kanałów, wskutek oddziaływania specyficznego mechanizmu speleogenezy, opierającego się na dodatnim sprzężeniu zwrotnym pomiędzy obiegiem wody a rozpuszczaniem*”⁴.

Zgodnie z definicją, kras to progresywna ewolucja geosystemu (z przepuszczalnym, podatnym na rozpuszczanie środowiskiem skalnym), uprawiana w ruch przez obieg wody oraz speleogeniczne mechanizmy samoorganizacji struktury przepuszczalności. Progresywna ewolucja jest rozumiana jako proces powstawania i rozwoju nowych dysypatywnych struktur (wzrost strukturalnej złożoności systemu), a regresywna – jako proces ich niszczenia i rozpadania się (redukcja złożoności strukturalnej). W cyklu rozwojowym krasu (megasytemu krasowego)⁵ progresyw-

ny ewolucyjny trend z czasem ustępuje miejsca regresywnemu, ale ten proces transformacyjny – powstawania (integrowania się) i degradacji (rozpadania się) struktur – jest rozciągnięty w czasie, pokrywający się i złożony.

Geosystemowe, ewolucyjno-synergetyczne pojmowanie krasu stwarza dobre podstawy konceptualno-teoretyczne do zrozumienia istoty krajobrazu krasowego, jego lokalizacji na tle ewolucji megasytemu krasowego oraz stworzenia *systemowej (geosystemowej) koncepcji krajobrazu krasowego*.

KRAJOBRAZ KRASOWY JAKO STADIUM SAMOORGANIZACJI MEGASYSTEMU KRASOWEGO

Synergetyczno-rozwojowy model systemu przyrodniczego zakłada, że w swoim rozwoju system przechodzi przez określone jakościowe stadia rozwojowe, którym towarzyszy stopniowy wzrost jego wewnętrznej złożoności strukturalnej. Komplikowanie się struktury systemu jest rezultatem pojawienia się nowego czynnika rozwojowego, radykalnie zmieniającego (często przyspieszającego) rozwój systemu i wprowadzającego go w nowy strukturalny (energetyczny) stan. Czynniki te jednocześnie tworzą tzw. warunki graniczne do zachowania tego stanu. Moment pojawienia się czynnika „rewolucyjnego” w rozwoju systemu jest określany w synergetyce jako „punkt bifurkacji”. Punkty bifurkacji wyznaczają granice jakościowych stanów (stadiów) rozwojowych systemu.

Stopniowy – od bifurkacji do bifurkacji – jakościowy wzrost złożoności strukturalnej systemu stanowi istotę jego progresywnej ewolucji. Ten wzrost ma jednak swoje czasowe, przestrzenne, strukturalne itp. ograniczenia, zależne od wielkości i rodzaju systemu oraz od czynników ewolucyjnych. W trakcie rozwoju systemu aż do pewnej kulminacji, pojawiają się (namnażają się) nowe elementy i czynniki, a wraz z nimi powiązania⁶. Wśród nich jednak coraz większą rolę zaczynają odgrywać powiązania działające na zasadzie ujemnych sprzężeń zwrotnych, ograniczające rozwój systemu i prowadzące do jego stopnio-

⁴ W postaci niejawnej, zasady tego podejścia do definiowania krasu były wcześniej stosowane przez HUNTONA (1995), KLIMCHOUK’A (2007, 2010). Na tych zasadach bazowała również fundamentalna monografia *Speleogeneza: ewolucja kolektorów krasowych* (KLIMCHOUK, FORD, PALMER, DREYBRODT. (Eds.). *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers. National Speleological Society, Huntsville, 2000*).

⁵ Pod pojęciem *megasytemu krasowego* rozumie się obszar krasowy, w którego obrębie „rodzi się”, rozwija i ewolucyjnie zanika kras, realizując pewien cykl krasowy. Kras

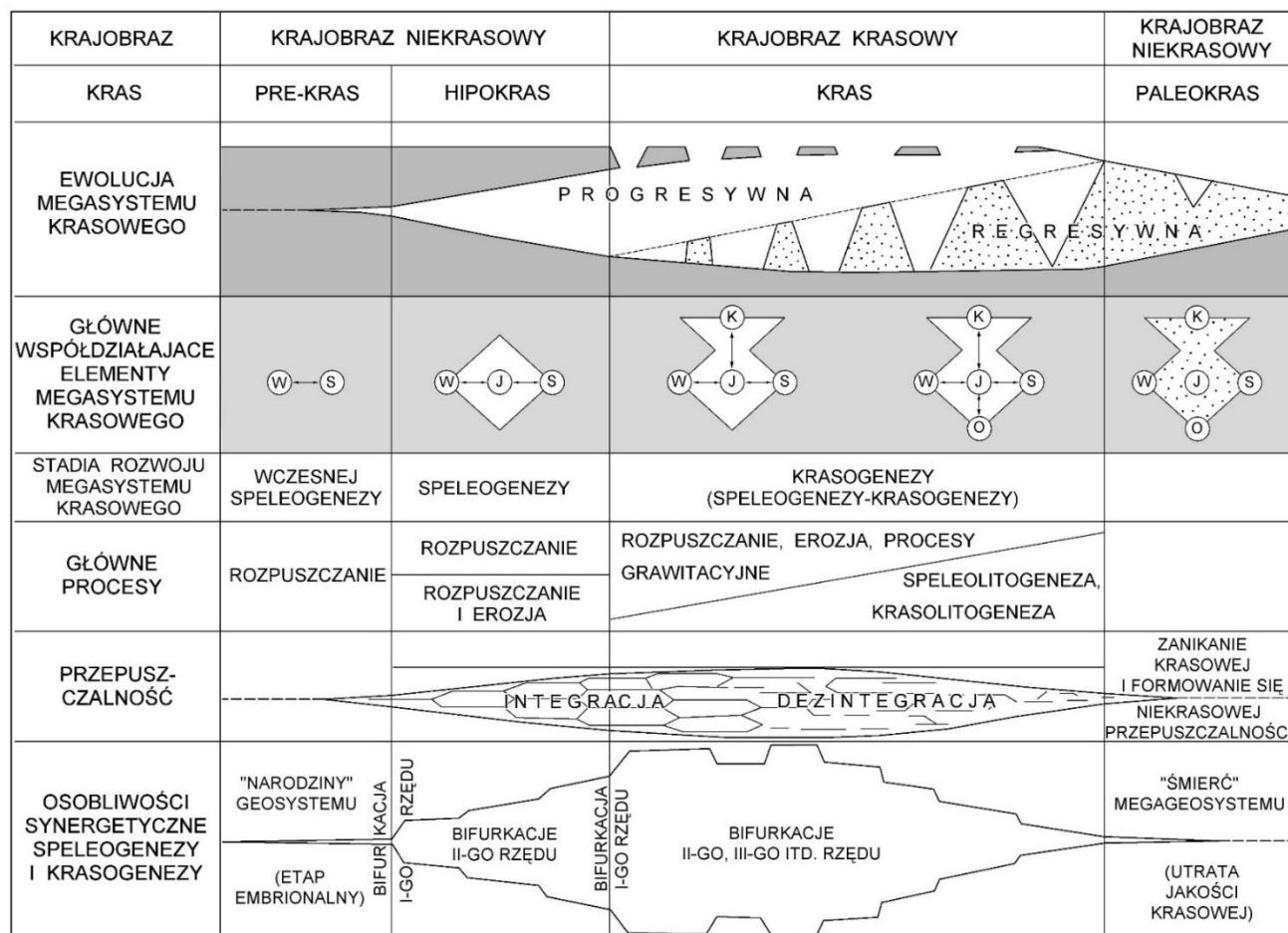
jest pojmowany jako złożony geosystem krasowy całego obszaru, który funkcjonuje i rozwija się zgodnie z zasadami synergetyki, przechodząc przez kolejne stadia rozwoju (formowania się i wzrastania złożoności struktur) oraz degradacji (rozpadania się struktur i redukcji złożoności) systemu. Jest to termin umowny, wprowadzony w celu ułatwienia stylistycznego przekazu i nie pretenduje do statusu terminu naukowego.

⁶ Przy wzroście arytmetycznym liczby elementów w systemie, liczba powiązań pomiędzy elementami systemu rośnie wykładniczo.

wej degradacji, czyli obniżenia złożoności strukturalnej. Stanowi to istotę regresywnej ewolucji systemu, która kończy się jego śmiercią (jako pewnej organizacji).

Jak ten ogólny model rozwojowy przekłada się na kras i krajobraz krasowy? W rozwoju megasy-

stemu krasowego⁷ można wyróżnić kilka etapów – megastadiów rozwojowych, oddzielonych od siebie wydarzeniami o zasadniczym znaczeniu (bifurkacjami). Obrazuje to rys. 2.



Rys. 2. Rozwój megasytemu krasowego w kategoriach synergetyki (W – woda, S – skała, J – próżnia podziemna, K – krajobraz – środowisko zewnętrzne, O – osady) (Andreychouk, 2014b)

Рис. 2. Развитие карстовой мегасистемы в категориях синергетики (W – вода, S – горная порода, J – подземная полость, K – ландшафт – наружная среда, O – отложения) (Andreychouk, 2014b)

Fig. 2. The conceptual integral diagram of the development of the karst megasystem (W – water, S – rock, J – cavity, K – landscape – outside environment, O – sediments) (Andreychouk, 2014b)

Pierwsze stadium to stadium pre-krasu (lub wczesnej speleogenezy). W tym stadium megasytem krasowy jeszcze nie ma jakości krasowej jako takiej. Jest to stadium embrionalne, w którym pierwotne struktury przepuszczalności (szczeliny i pory) „dojrzwają” hydrodynamicznie. Dojrzwianie to polega na oddziaływaniu zawartej w porach i szczelinach wody na podatny na rozpuszczanie substrat skalny, wskutek czego zachodzi bardzo powolne, trwające dziesiątki tysięcy (i więcej) lat, ale nieustanne rozszerzanie się szczelin, formowanie się protokanałów wraz z ich stopniową integracją hydrodynamiczną w inicjalne sieci. Siłą napędową i głównym mechanizmem roz-

woju protokanałów jest dodatnie sprzężenie zwrotne pomiędzy prędkością rozwoju przestrzeni szczelinowo-porowej a wzrostem przepływu. Na tym etapie

⁷ W aspekcie przestrzennym megasytem krasowy w niniejszej pracy nawiązuje do „objętościowego ciała skalnego”, części hydrolitosfery, zbudowanej ze skał podatnych na rozpuszczanie, w obrębie której, przy odpowiednich warunkach, może rozwinąć się kras jako system o specyficznym obiegu wody w obrębie tego ciała. Rzutowany na powierzchnię lub geologicznie wyeksponowany górny fragment ciała stanowi potencjalny lub realny areal powierzchniowy występowania krasu.

głównymi elementami systemu (jeszcze nie krasowego) są: woda (agresywna) i skała (krasowiejąca), a głównym procesem – rozpuszczanie (rys. 2).

Osiągnięcie przez protokanały takiego stopnia rozwarcia, przy którym obszar tzw. szybkiej kinetyki rozpuszczania występuje na całej jego długości, znamionuje sobą krytyczny moment w ich ewolucji, który otrzymał nazwę „moment przerwania”. Od tego momentu woda (roztwór) przepływa przez cały protokanal, pozostając nienasyconą, w związku z czym radykalnie zmienia się dynamika wzrostu (przyspieszenie) tej oraz innych zmiennych. Szybkość wzrostu i przepływu wody zwiększa się o kilka rzędów, z kolei napór w rosnącym kanale maleje, powodując przebudowę warunków granicznych i aktywizację procesu integracyjnego (łączenia się protokanali w sieci). Protokanały przekształcają się w kanały, co oznacza „narodziny” nowej jakości systemu – krasowej. Rozwojowy punkt przerwania jest pierwszą (i pierwszorzędną) bifurkacją w rozwoju megasytemu krasowego i momentem narodzin krasu (KLIMCHOUK, ANDREJCZUK, 2010).

Szybki rozwój kanałów krasowych, dywersyfikacja mechanizmów rozwojowych (np. pojawienie się w częściach systemu oprócz laminarnego, także turbulencyjnego ruchu wód, a co za tym idzie – erozji) prowadzi do integracji kanałów, zwiększenia ich rozmiarów, czyli do tworzenia się systemów krasowych – kanałów i próżni. W tym stadium w grę wchodzi i staje się ważnym/najważniejszym czynnikiem rozwoju całego megasytemu krasowego nowy jego element – podziemna próżnia, czyli pusta przestrzeń (symbol J na rys. 2). Element ten staje się nie tylko pośrednikiem pomiędzy oddziałującymi na siebie wodą i skałą, ale również skutkiem ich interakcji (zwiększenie objętości) oraz przyczyną dalszego rozwoju systemu (przyspieszenie wskutek dodatniego sprzężenia zwrotnego pomiędzy objętością – powierzchnią sumaryczną kontaktu wody i skały – a przepływem). Ponieważ w stadium tym mamy do czynienia ze speleogenezą (rozwojem kanałów i próżni), zachodzącą pod ziemią – na pewnej głębokości, w „oderwaniu” od powierzchni terenu, ten etap w rozwoju krasu (czy stan krasu) można umownie nazwać hipokrasowym⁸.

W trakcie rozwoju systemu krasowego (wzrostu złożoności jego struktury) mają miejsce różnego ro-

dzaju bifurkacje, wpływające w ten lub inny sposób na jego rozwój (np. zmiana naporowych warunków ruchu wody na warunki ich swobodnego przepływu), ale nie zmieniające zasadniczo jego trendu (bifurkacje drugorzędne). Dopiero w momencie otwarcia się systemu na zewnątrz (połączenia się z powierzchnią), w rozwoju megasytemu zaczyna się nowe stadium – właściwe krasowe (rys. 2). Jest to druga zasadnicza (rangi pierwszorzędnej) bifurkacja rozwojowa, po której funkcjonowanie systemu zaczyna się bardzo komplikować. Otwarcie się na wielorakie i agresywne czynniki środowiska zewnętrznego powoduje zasadnicze zmiany w jego strukturze i funkcjonowaniu. Na rys. 2 jest to pokazane przez dołączenie do modelu systemu krasowego elementu K, czyli czynnika krajobrazowo-środowiskowego.

Oddziaływanie czynników zewnętrznych z jednej strony progresywnie komplikuje strukturę systemu (np. wskutek przechwycenia spływu powierzchniowego, wzrostu objętości próżni podziemnych), z drugiej zaś inicjuje występowanie procesów i sprzężeń zwrotnych, ograniczających progresywny rozwój (takich jak zawalenie się stropu jaskiń i powstanie zapadlisk, wypełnienie kanałów naciekami itp.), czyli znamionuje zjawiska regresywnej ewolucji – degradacji struktur przepuszczalności i struktury całego systemu (rys. 2).

W kontekście dalszych rozważań nad krajobrazem krasowym, wkroczenie megasytemu w to trzecie stadium oznacza narodziny krajobrazu krasowego. W tej sytuacji nie tylko czynniki zewnętrzne zaczynają oddziaływać na rozwój struktur przepuszczalności pod ziemią, ale i same kanały i próżnie podziemne (które wskutek rozwarcia korozyjnego stają się jaskiniami) w nie mniejszym stopniu (a raczej zdecydowanie większym) zaczynają oddziaływać na krajobraz, transformując go stopniowo (bifurkacje 2, 3 itp. rzędów) w nową jakość – krajobraz krasowy. Krasowy proces rozwoju struktur przepuszczalności staje się w ten sposób czynnikiem rzeźbotwórczym, a poprzez włączanie w obiegi procesualne elementów naziemnych – wód, roślinności, gleby itp. – procesem krajobrazotwórczym.

Po przyłączeniu „nowego członka zespołu” – zewnętrznego środowiska naziemnego, megasytem krasowy niezwykle się komplikuje. Wiodącym mechanizmem w jego rozwoju stają się różnorakie interakcje pomiędzy powierzchnią i podziemiem, integrujące go w bardzo złożony system przyrodniczy o piętrowej strukturze i reprezentujący nowy stan rozwojowy megasytemu krasowego. Stan ten lub stadium może być analogicznie do krasowego określony jako stadium krajobrazu krasowego, pojmowanego całościowo jako system składający się z dwu

⁸Określenie *hipokrasu* jako stadium rozwoju megasytemu krasowego jest nieco szersze od jego będącego w obiegu pojmowania jako krasu, rozwijającego się w warunkach odizolowania od czynników powierzchniowych, najczęściej pod wpływem ascensyjnego przepływu wód pod ciśnieniem (KLIMCHOUK, 2007). W obu jednak przypadkach pozostaje wspólny mianownik – brak powiązań z powierzchnią ziemi.

części – podziemnej i naziemnej (rys. 2) (ANDREJCZUK, 2014a).

W tym stadium w rozwoju megasytemu krasowego biorą udział liczne procesy, zachodzące zarówno na powierzchni, jak i pod ziemią, uzależnione od dziesiątek i setek czynników zewnętrznych i wewnętrznych. Pomiędzy elementami systemu wraz z ich niezliczonymi powiązaniami kształtują się różne relacje, działające zarazem (czasami jednocześnie) na korzyść jego progresywnego i regresywnego rozwoju. Z wielości powiązań wynika wielość występowania różnego rodzaju bifurkacji niższych rzędów, determinujących rozwój poszczególnych ogniw całego systemu.

Za przykłady drugo- lub trzeciorzędnych bifurkacji w rozwoju systemu mogą służyć: przechwycenie powierzchniowego cieku wodnego przez ponor, powstanie zapadliska i formowanie się zlewni – z odprowadzaniem wód opadowych pod ziemię, kosmatacja kanału wadycznego naciekami, zejście potoku podziemnego na niższy poziom i in.

Wiele z bifurkacji, szczególnie tych związanych z przechwyceniem spływu powierzchniowego, prowadzi do wzrostu wewnętrznego zróżnicowania strukturalnego systemu, natomiast inne, szczególnie te związane z procesami grawitacyjnymi i wypełnieniem kanałów i próżni osadami, do jego destrukcji (destrukuryzacji)⁹. Z czasem destruktywnych bifurkacji przybywa: powodują one obumieranie powiązań funkcjonalnych pomiędzy poszczególnymi elementami przestrzennymi systemu i prowadzą do jego degradacji. Co ciekawe, degradacja struktur przepuszczalności, ukształtowanych ewolucyjnie w krasowiejącym substracie geologicznym (serii skalnej, masywie krasowym itp.) oznacza aktywny rozwój (progresywną ewolucję) w podsystemie geomorfologicznym. Rozwój powierzchniowej rzeźby krasowej jest w znaczącym stopniu odzwierciedleniem degradacji podziemnych struktur: stąd się bierze przesunięcie w czasie destrukcji podziemnej i naziemnej części krajobrazu krasowego na krasowym etapie rozwoju megasytemu krasowego. Na przykład, niepowtarzalne, fascynujące krajobrazy ostańcowego krasu tropikalnego, uważane za kwintesencję rzeźby krasowej, to właśnie piękny zewnętrzny twór zdegradowanego podziemia. Dalszego niszczenia megasytemu kra-

sowego, czyli jego ostatniego bastionu – powierzchniowej rzeźby krasowej, dokonują już zewnętrzne czynniki środowiskowe. Po zniszczeniu (planacji) ostatnich elementów rzeźby krasowej (o ile kras się nie „przeniósł się” na niższe poziomy – w głąb) następuje „śmierć” megasytemu krasowego, czyli utrata przez obszar lub krajobraz jakości krasowej.

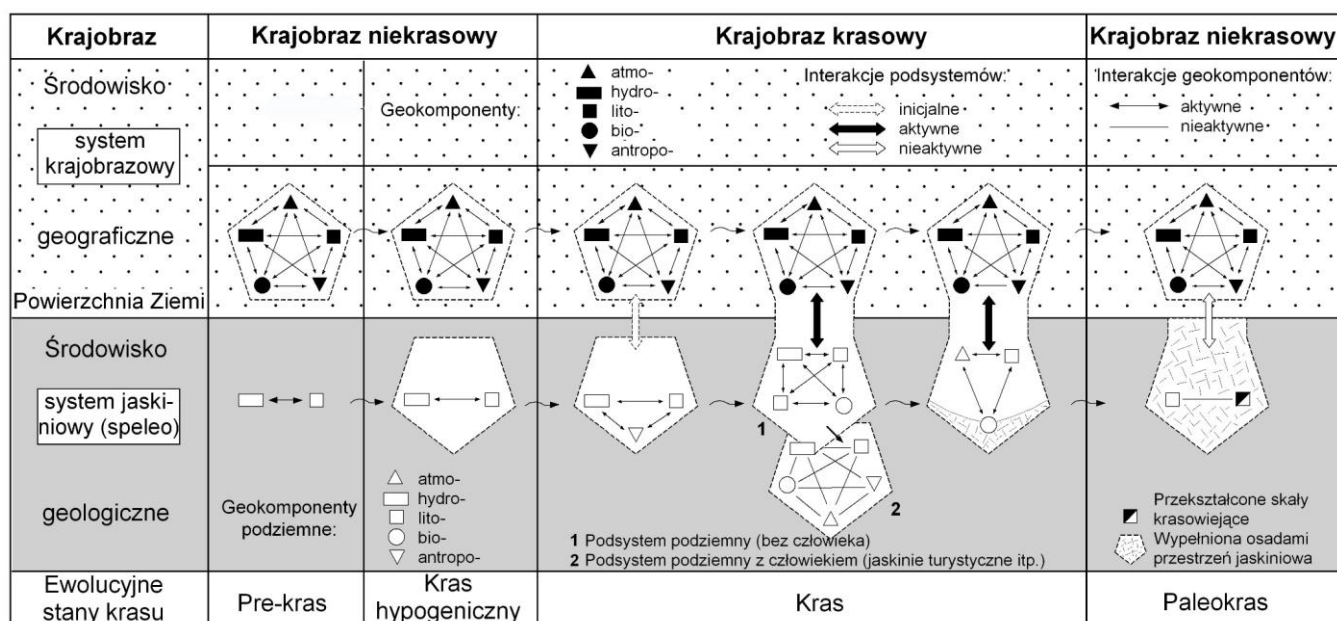
Należy zauważyć, że przejście krasu czy krajobrazu krasowego w nową niekrasową (lub paleokrasową – patrz niżej) jakość, czyli jego ostateczna degradacja, ma charakter przejściowy, ewolucyjny. Pomiędzy tymi stanami krasu (stadiami) nie ma wyraźnej granicy i nie stoi za tym żadna zasadnicza (czyli pierwszorzędna) bifurkacja, jak to ma miejsce w innych stadiach. Bifurkacje jako takie są nieodzownym elementem progresywnej ewolucji, przy czym ich rola (pierwszo-, drugo- czy trzeciorzędna) jest wyższa w początkowych etapach rozwoju systemu, kiedy nie ma w nim jeszcze zbyt dużej liczby oddziałujących na siebie elementów i powiązań. Z czasem, w miarę wzrostu złożoności systemu, liczba bifurkacji w nim zwiększa się, a ich rola w rozwoju systemu proporcjonalnie maleje. Na pewnym etapie (w naszym przypadku – dojrzałego krajobrazu krasowego) na tle lawinowego wzrostu bifurkacji obserwuje się ich rozproszenie przestrzenne (lokalizacja) po ogniwach megasytemu krasowego i odpowiednio – obniżenie ich statusu czynnikowego w stosunku do całego systemu.

PODSUMOWANIE

Stadium krasowe (właściwe krasowe lub krajobrazu krasowego – rys. 2) nie jest etapem obowiązkowym w rozwoju megasytemu krasowego. Z powodu zmiany znaku ruchów tektonicznych – z dodatnich (lewacje) na ujemne, może nie dojść do drugiej zasadniczej bifurkacji, czyli otwarcia się próżni i kanałów na zewnątrz. Wtedy system krasowy – wypełniając się częściowo lub całkowicie osadami – ewoluuje w stronę stanu (stadium) paleokrasowego. Przy kolejnej zmianie kierunku ruchów tektonicznych (na dodatnie) może jednak dojść do krasowienia odziedziczonego i osiągnięcia przez megasytem stanu krajobrazu krasowego.

Ewolucyjny wpływ czynnika tektonicznego – ruchów skorupy ziemskiej – na krajobraz krasowy jest również bardzo istotny. Pionowy kierunek ruchów tektonicznych determinuje przebieg całego ewolucyjnego cyklu krasowienia. W przypadku przyjaznych dla rozwoju krasu ruchów wypiętrzających mamy do czynienia z normalnym cyklem rozwojowym, kiedy krajobraz krasowy ewolucyjnie wyłania się z megacyklu krasowego i stopniowo przekształca się w coraz bardziej niezależny i autonomiczny (samoorga-

⁹ Rozwój procesów akumulacyjnych oznacza pojawienie się w strukturze systemu kolejnego elementu – osadów (grawitacyjnych, wodno-mechanicznych, chemogenicznych, biogenicznych itp.) (O na rys. 2). Oznacza to również, że w grę stopniowo włącza się jeszcze jeden „gracz” (czynnik rozwojowy), którego rola w rozwoju systemu (tym razem jego degradacji) będzie nieustannie wzrastać.



Rys. 3. Schemat ogólnej ewolucji struktury krajobrazu karasowego na tle megacyklu karasowego (Andreychouk, 2014b).

Рис. 3. Общая схема эволюции структуры карстового ландшафта на фоне карстового мегацикла (Andreychouk, 2014b).

Fig. 3. An overall evolution of the karst landscape structures against a background of the karst mega-cycle (Andreychouk, 2014b).

nizujący się) system krajobrazowy – aż do samozniszczenia. W przypadku stabilizacji lub zmiany kierunku ruchów na obniżające, którym towarzyszy utrata przez rzeźbę energii oddziaływań (degradacja baz erozyjnych), krajobraz karasowy zanika, nie realizując swojego potencjału rozwojowego¹⁰. Ogólną ewolucję struktur krajobrazowych na tle megacyklu karasowego obrazuje rys. 3. Rzeczywistość ewolucyjna jest jednak o wiele bardziej złożona, a przedstawione scenariusze reprezentują wyłącznie kilka wybranych uproszczonych przykładów.

¹⁰Można w tym przypadku snuć rozważania na temat „strat ewolucyjnych”. Na tle rozwoju ewolucyjnego krajobrazów tego lub innego terytorium, stadium karasowo-krajobrazowe (jeżeli w przekroju geologicznym obszaru występują skały karasowięjące, a elewacje tektoniczne doprowadzą do ich odsłonięcia) może pozostawić wyraźny ślad ewolucyjny w postaci specyficznych gatunków roślin i zwierząt, które wykształciły się w równie specyficznym środowisku karasowym. To, że w takim środowisku dochodzi do wyraźnej specjalizacji organizmów i formowania się nowych gatunków (nie tylko pod ziemią!), potwierdzają badania ekologów. Liczba endemitów może osiągać w nim kilkadziesiąt %! (w rezerwacie Tsyngi de Bemaraha na Madagaskarze jeszcze więcej). Bez wątpienia, stadia karasowe w rozwoju różnych obszarów naszej planety w znaczącym stopniu przyczyniły się do rozwoju i większego zróżnicowania jej świata organicznego.

LITERATURA

- Andrejczuk W., 2007: Karst jako czynnik geoekologiczny. Sosnowiec-Symferopol: 137 s. (w jęz. ros.).
- Andrejczuk W., 2010: O podejściach w badaniach karasu. W: Speleologija i karstologija, 4. Symferopol: 5–10 (w jęz. ros.).
- Andrejczuk W., 2014a: Krajobraz karasowy jako system. Acta Geographica Silesiana, 16. WNOZ UŚ, Sosnowiec: 13–32.
- Andreychouk V., 2014b: Karst landscape in terms of synergetics: general remarks. Speleology and Karstology, 13. Symferopol: 45–53.
- Andrejczuk W., Proskurniak M., 1993: Problemowe kwestie badania krajobrazów karasowych. W: Problemy badań krajobrazów karasowych. Perm: 67–75 (w jęz. ros.).
- Czikiszew A., 1975: Warunki geograficzne rozwoju karasu. MGU, Moskwa: 111 s. (w jęz. ros.).
- Czikiszew A., 1979: Problemy badań karasu Równiny Rozyjskiej. MGU, Moskwa: 303 s. (w jęz. ros.).
- Gwozdieckij N., 1972: Problemy badań karasu a praktyka. Mysl, Moskwa: 391 s. (w jęz. ros.).
- Gwozdieckij N., 1977: Krajobraz karasowy wobec typów karasu. W: Zagadnienia ogólne i regionalne karasu. Moskwa: 3–23. (w jęz. ros.).
- Gwozdieckij N., 1988: Krajobrazy karasowe. MGU, Moskwa: 112 s. (w jęz. ros.).
- Huntoon P. W., 1995: Is it appropriate to apply porous media groundwater circulation models to karstic aquifers? In: Aly I. E.-K. (ed.): Groundwater models for resources analysis and management. Lewis Publishers, Boca Raton: 339–358.

- Klimchouk A. B., 2007: Hypogene speleogenesis: Hydrogeological and morphogenetic perspective. National Cave and Karst Research Institute, Carlsbad: 106 p.
- Klimchouk A. B., 2010: Evolutionary typology of karst. *Speleology and Karstology*, 4: 23–32.
- Klimczuk A., Andrejczuk W., 2010: O istocie krasu. *Speleologia i karstologia*, 5: 22–47 (w jęz. ros.).
- Klimchouk A. B., Ford D. C., Palmer A. N., Dreybrodt W. (Eds.), 2000: *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society, Huntsville: 527p.
- Proskurniak M., Andrejczuk W., 1998: *Struktura krajobrazów krasowych*. Czerniowce: 88 s. (w jęz. ros.).
- Proskurniak M., Andrejczuk W., 1999: *Użytkowanie ziemi w obrębie krajobrazów skrasowiałych*. Czerniowce: 87 s. (w jęz. ros.).
- Sokolow D., 1962: *Podstawowe warunki i czynniki rozwoju krasu*. Gosgeoltechizdat, Moskwa: 321 s. (w jęz. ros.).
- Woropaj L., Andrejczuk W., 1985: *Osobliwości krajobrazów krasowych jako geosystemów*. Wyd. Uniwersytetu w Czerniowcach, Czerniowce: 81 s. (w jęz. ros.).

Wpłynął do redakcji: 21 marca 2017

Поступила в редакцию: 21 марта 2017

Received: 21 March 2017