

STADIA TWORZENIA SIĘ SKAŁ OSADOWYCH

BADANIA PROCESÓW POWSTAWANIA MINERALÓW AUTIGENICZNYCH w osadach współczesnych i w skałach osadowych pozwalają, na coraz dokładniejsze odtwarzanie historii skał i kopalin pochodzenia osadowego. W ciągu ostatnich 10—16 lat osiągnięto w tej dziedzinie znaczne wyniki — stworzono dziedzinę nauki zajmującą się stadiami powstawania skał. Jedynakże w wydzielaniu stadiów tworzenia się skał i w stosowaniu terminologii dotychczas nie ma jednolitych zasad. W związku z tym przedkładamy niniejszy artykuł.

STADIA TWORZENIA SIĘ SKAŁ OSADOWYCH

Proces powstawania skał osadowych zaczyna się w momencie wietrzenia i niszczenia skał pierwotnych. To stadium Fersman nazwał stadiem hipergenezy. Charakter procesu wietrzenia i ich intensywność zależy od warunków fizyczno-chemicznych (klimat, rzeźba, położenie poziomu wód gruntowych itp.) oraz od składu skał podłoża i czasu, w którego ciągu ten proces przebiega.

Budowa strefowa współczesnej i kopalnej strefy wietrzenia (1,2) zezwala na wydzielanie w tym stadium czterech kolejnych etapów:

I etap — przewaga rozkładu mechanicznego, przy którym tworzą się produkty o charakterze muleszu i żwiru. Zaczyna się też wietrzenie chemiczne.

II etap — rozkład chemiczny głównie w warunkach środowiska alkalicznego — hydratacja i ługowanie krzemianów i hydrochloratów.

III etap — rozkład chemiczny niekiedy w warunkach środowiska alkalicznego, częściej obojętnego i kwaśnego — uftlenianie i hydroliza krzemianów, powstawanie minerałów z grupy nontronitu, montmorillonitu i kaolinu.

IV etap — rozkład chemiczny. Całkowite utlenianie i hydroliza, powstają ochry, żelaznaki i łaberyty.

W zależności od warunków lokalnych stadium hipergenezy obejmuje wszystkie cztery etapy lub zatrzymuje się na jednym z nich.

Procesy wietrzenia podwodnego (halmyrolizy) jak również wietrzenia głębinowego w warunkach redukcyjnych prawdopodobnie należy rozpatrywać jako procesy diagenety i katagenety.

Wskutek wietrzenia tworzą się liczne produkty: składniki okrzuchowe różnych rozmiarów i nowe minerały, roztwory koloidalne i właściwe. Roztwory koloidalne w sprzyjających warunkach gromadzą się na miejscu w strefie wietrzenia lub podlegają erozji zarówno w czasie rozwoju strefy wietrzenia, jak też później. Roztwory właściwe w czasie powstawania sukcesywnie wchodzą na drogi migracji.

Następne stadium tworzenia się skał osadowych, przez większość badaczy (Walthier, Ruchin, Wassojewicz i inni) nazywane „stadium transportu materiału”, jest wydzielane w osobne stadium i oderwane od kolejnego dalszego stadium osadzania materiału, czyli stadium utworzenia osadu.

Takie postawienie sprawy jest wg nas z gruntu niesłuszne. Wszelkiego rodzaju osadzenie jest poprzedzone przez ruch, przemieszczenie materiału, bez której sedymentacja jest niemożliwa. Przemieszczenie zaczyna się na stokach działów wodnych i kończy się w zbiornikach sedymentacyjnych. Częściowe osadzanie zachodzi również na drogach transportu (w każdym konkretnym przypadku jest ono w innej skali) — deluwia na zboczach, proluwia u podnóża, aluwia w dolinach rzecznych, deluwia przy ujściu rzek.

Główna masa materiału osadowego (produkty wietrzenia, nowe utwory powstałe w czasie transportu, produkty działalności żywych organizmów) zostaje złożona w zbiornikach sedymentacyjnych (jeziora, morza).

O dyferencjacji (rozdzieleniu) i integracji (połączeniu) substancji przy procesach transportu i sedymentacji mówimy jako o dwu stronach jednego i tego samego zjawiska rozsortowania substancji. Podobnie więc należy traktować transport i sedymentację jako dwie strony jednego zjawiska — tworzenia się osadów.

W ten więc sposób następuje stadium tworzenia się skał — tworzenie się osadów będziemy nazywali sedymentogenezą. Strachow wydziela w niej dwa etapy:

1 etap — wczesny, czyli etap sedymentogenezy wodno-działkowo-zboczowo-doliny.

2 etap — późny, czyli etap sedymentogenezy w obrębie zbiorników.

Pierwszy etap prawie nie wchodzi w rachubę lub rezultaty jego mogą być zniszczone przez procesy późniejsze. Dlatego też w przyrodzie najczęściej obserwujemy rezultaty drugiego, końcowego etapu sedymentogenezy. Termin „syngeneza” dla oznaczenia tego stadium jest mniej trafny, ponieważ mówi on tylko tyle, że jakieś składniki powstały jednocześnie lub razem.

Po sedymentogenezie następuje stadium diagenety — zmiany osadu i przemienienia go w skałę osadową. Diagenesa przebiega w warunkach bliskich do tych, które panują na powierzchni ziemi (ogólnie rzecz biorąc przy niskim ciśnieniu i w niskiej temperaturze) w obecności organizmów żywych i produktów ich działalności życiowej oraz ich rozkładu. W stadium diagenety wyróżnia się następujące etapy (Strachow):

1 etap — tworzenie się minerałów w warunkach środowiska oksydacyjnego (wczesna diagenesa),

2 etap — tworzenie się minerałów w warunkach redukcyjnych (środkowy etap diagenety),

3 etap — wtórne przemieszczanie substancji i powstawania konkrecji (późny etap diagenety). Ostatecznie diagenesa prowadzi do powstania skały osadowej. Termin „lityfikacja — skamienienie” nie powinien być tu stosowany, ponieważ niekiedy ma on szersze znaczenie, a przy tym diagenesa nie zawsze prowadzi do skamienienia.

Skała osadowa w czasie powstawania przemieszcza się ze strefy sedymentacji w serię skał osadowych skorupy ziemskiej — w stratysferę. Tu w innych warunkach termodynamicznych i fizyczno-chemicznych

(podwyższona temperatura i ciśnienie, brak żywej substancji organicznej, obecność wód gruntowych o różnym składzie i koncentracji) w skałach osadowych zachodzą zmiany.

To stadium zmian w ślad za takimi badaczami jak Fersman, Wassojewicz i in. nazywamy stadium katagenezy lub diagenety skał.

Termin „epigeneza” nie może być uważany jako trafny, ponieważ stosuje się go dla określenia wszystkich zjawisk zachodzących po utworzeniu się skał włącznie z procesami współczesnego wietrzenia na powierzchni ziemi.

W stadium katagenezy odbywa się wzrost zwięzłości skał, zmniejszenie porowatości i wzrost ciężaru objętościowego, przemiany minerałów ilastych, przekształcanie spoiwa, powstawanie nowych minerałów w koncentracjach, tworzenie koncentracji i sekrecji w porach, kavernach i szczelinach. Przemiany minerałów w stadium katagenezy w znacznym stopniu zachodzą wskutek metasomatozy. Warunki termodynamiczne strefy katagenezy w przybliżeniu mogą być określone następująco: ciśnienie od kilkudziesięciu do 2000 atmosfer, temperatura do 200°C.

Katagenezę można obserwować w obrębie osadowej serii platform, w obszarach przejściowych i w górnej części profilu na peryferiach utworów geosynklin.

W wyniku przemian katagenetycznych skały zmieniają wygląd i własności, jednakże ciągle jeszcze pozostają skałami osadowymi (piaski, dły, margle, muszlowce, aleuroliity, zwięzłe piaskowce i wapienie, słabo zmetamorfizowane węgle kamienne i in.).

W obrębie stadium katagenezy (epigenezy wg poprzednich poglądów) szereg badaczy wydzielił kilka samodzielnych etapów, jednakże zakres i granice tych etapów obecnie są jeszcze dyskusyjne.

Większe zmiany skał osadowych zachodzą w przejściowych i centralnych częściach geosynklin (środkowa i dolna część profilów utworów geosynkinalnych). Prowadzą one do powstania zmetamorfizowanych skał osadowych oraz łupków ilastych i tabliczkowatych, łupków zbliżonych charakterem do fylitowych, piaskowców kwarcytowych, kwarcytów, wapieni krystalicznych i zbliżonych do marmurów, chudych węgli kamiennych i antracytów i innych. Stadium to zostało nazwane stadium początkowego metamorfizmu lub metagenezy (3).

W stadium metagenezy przeważają procesy rekrystalizacji substancji, wzrost zwięzłości ma znaczenie podrzędne i wyraża się w postaci płytkowatości i łupkowatości skał. Rekrystalizacja obejmuje minerały spoiwa, podstawową masę skał ilastych i węglanowych oraz utwory żelaziste i ilaste. Wyraźnie zaznacza się rekrystalizacja składników okruchowych skały. Obserwuje się przy tym prawie całkowitą krystalizację substancji ilastej: intensywnie powstają hydrolyzycyki na miejscu minerałów kaolinowych, tworzy się asocjacja kwarcowo-muskowitowo-chlorytowa oraz kwarcowo-muskowitowo-chlorytowo-hydrolyzycykowa z licznymi minerałami węglanowymi. Tekstury skał osadowych ulegają dużym zmianom, a nawet całkowicie się przekształcają.

Warunki termodynamiczne strefy metagenezy mają następujące parametry: ciśnienie powyżej 2000 atmosfer, temperatura powyżej 200°C. W strefie metagenezy skały osadowe zawierają silnie zmineralizowane roztwory termalne. W warunkach metagenezy jeszcze większego znaczenia nabierają procesy metasomatozy. To stadium przemian zachodzących w skałach osadowych w pewnej mierze odpowiada najbardziej niskotemperaturowemu stopniowi metamorfizmu regionalnego — facji zielonych łupków (faza muskowitowo-chlorytowa).

W wymienionym stadium Kossowska, Łogwinienko i Szutów (3) wyróżniają jeszcze dwa samodzielne etapy: dalsze pograżenie i całkowity metamorfizm (lub granityzacja), z powstaniem nowej jakościowo skały metamorficznej, albo podniesienie ku górze,

pojawienie się skał na powierzchni ziemi i poddanie ich procesom wietrzenia i zniszczenia.

Jeżeli podnoszenie się ku górze przebiega wolno, możliwy jest też proces regresywny (tzw. „epigeneza regresywna” L. B. Ruchina). Praktycznie jednak spreycyzowanie istoty przemian mineralnych i strukturalnych przy procesie regresywnym jest bardzo trudne.

Sprawa dalszego pograżenia skał dotyczy dziedziny zagadnień, których tu nie rozpatrujemy. Drugi przypadek — przemiany skał aż do zupełnego ich zniszczenia na powierzchni ziemi — może być wydzielony w osobne samodzielne stadium i nazywany stadium hipergenezy skał osadowych.

Warunki i czynniki hipergenezy skał osadowych są takie same, jak w przypadku hipergenezy skał pierwotnych. Jednakże w związku z prostym składem mineralnym skał osadowych (przeważają minerały odporne) procesy wietrzenia przebiegają nieco inaczej.

Strefowość obserwowana w wietrzącej części skorupy ziemskiej, ustalona dla skał krystalicznych, nie jest notowana w obszarach zbudowanych ze skał osadowych. Zapewne dlatego też można wyróżnić tylko dwa etapy hipergenezy skał osadowych:

1 etap — przewaga wietrzenia mechanicznego przy tworzeniu się składników żwirowych i piaszczysto-aleurotytowych;

2 etap — przewaga wietrzenia chemicznego (w tym również rozpuszczania) przy powstawaniu właściwej ilastej strefy wietrzenia, składającej się z różnych minerałów (w zależności od warunków lokalnych).

Tabela I

| Stadia | Etapy |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hipergeneza skał pierwotnych | I etap — wietrzenie mechaniczne II etap — wietrzenie chemiczne w warunkach środowiska alkalicznego III etap — wietrzenie chemiczne w warunkach środowiska neutralnego i kwaśnego IV etap — zupełny rozkład i hydroлиза |
| Sedymentogeneza | I etap — zboczowo-dolinowy (wczesny) II etap — zbiornikowy (późny) |
| Diageneza | I etap — tworzenie się minerałów w warunkach środowiska oksydacyjnego (wczesny) II etap — tworzenie się minerałów w warunkach środowiska redukcyjnego (średkowy) III etap — wtórne przemieszczanie substancji i powstawanie koncentracji (późny) |
| Katageneza | I etap — wczesny II etap — późny |
| Metageneza, czyli początkowy metamorfizm | I etap — wczesny II etap — późny |
| Hipergeneza skał osadowych | I etap — wietrzenie mechaniczne II etap — wietrzenie chemiczne |

Hipergeneza skał osadowych, w normalnej kolejności procesów geologicznych, może następować po jakimkolwiek z trzech stadiów: diagenecie, katagenezie lub metagenezie (tabl. I).

**TERMINOLOGIA STOSOWANA W CELU
OKREŚLENIA STADIÓW I ETAPÓW
TWORZENIA SIĘ SKAŁ OSADOWYCH**

Jak zaznaczono wyżej, terminologia stosowana w celu określenia stadiów i etapów tworzenia się skał osadowych nie jest zadowalająca. Rozpatrzmy kilka ważniejszych przykładów.

I przykład. Wydzielenie stadium syngenezy i zastosowanie terminu „syngeneza”. Synogenetyczny znaczy dosłownie powstały jednocześnie lub tak samo. Ma się na myśli, że minerały lub składniki powstały jednocześnie lub w podobnych warunkach. To ostatnie nie oznacza jeszcze, że powstały one w ścisłym tego słowa znaczeniu — jednocześnie.

W różnych dziedzinach geologii terminowi „syngeneza” najczęściej przypisuje się znaczenie w odniesieniu do czasu. Synogenetyczny znaczy jednoczesny z czymś (z powstaniem osadu lub z jeszcze czymś innym).

Zarówno pierwsze, jak i drugie znaczenie tego słowa pokazuje jasno, że nie należy go używać dla oznaczenia stadium tworzenia się skały. Można jedynie zgodzić się na stosowanie tego terminu w jego dawnym znaczeniu.

II przykład. Wydzielenie stadium epigenezy i zastosowanie terminu „epigeneza”. Epigenetyczny — znaczy utworzony później i dotyczy określenia czasu powstania wszystkich wtórnych składników, minerałów i zjawisk, które zachodzą po utworzeniu skały niezależnie od tego, jakie warunki zdecydowały o ich pojawieniu się.

W związku z tym do epigenezy zalicza się: katageneza, metageneza a nawet wietrzenie skał na powierzchni ziemi. Tak szeroki zakres tego pojęcia zadowalał nas jeszcze przed 15—20 laty, kiedy procesy przemiany skał osadowych nie były w takim stopniu zbadane. Obecnie epigeneza dzieli się na trzy samodzielne stadia. Biorąc to pod uwagę, należy również ten termin pozostawić w użyciu z zachowaniem dawnej treści.

Podobne rozpatrzenie terminologii stosowanej dla oznaczenia stadiów tworzenia się skał osadowych, z licznymi przykładami z literatury geologicznej, zawiera artykuł N. B. Wassojewicza (13), do którego odsyłamy zainteresowanych.

Jednocześnie należy zaznaczyć, że nie możemy się zgodzić z szeregiem sformułowań wyrażonych w arty-

kule Wassojewicza — z wydzieleniem stadium progenezy, tłumaczeniem terminu metagenezy, rozdzieleniem stadiów hipergenezy i diagenety.

Istniejące rozbieżności w interpretowaniu terminów powodują konieczność uważnego ich rozpatrzenia i usystematyzowania. Zapewne będzie korzystnie, jeżeli wszystkie terminy zostaną podzielone na trzy kategorie:

1. Terminy wyrażające istotę procesu i stosowane dla oznaczenia stadiów i etapów tworzenia się skał: hipergeneza, sedymentogeneza, diagenetyka, katageneza, metageneza i in.

2. Terminy wskazujące miejsce i sposób powstania minerałów lub składników skały osadowej (allogeneza, allogenetyczny, autogeneza, autigeniczny itd.) oraz bardziej szczegółowo (minerały diagenety — diagenetyczne, minerały katagenezy katagenetyczne itd.).

3. Terminy stosowane dość dowolnie, ale ustalone przez tradycję, mogą umownie być używane jako przejściowe, wskazujące czas i kolejność procesów bez ściśle określonych granic, jak: protogeneza, syngeneza, epigeneza. W takim ujęciu hipergeneza i skała macierzystych jest protogenezą (prehistorią) osadu, a hipergeneza i sedymentogeneza łącznie staniową protogenezą skały.

Diagenetyka w stosunku do sedymentogenezy jest procesem epigenetycznym w stosunku do diagenetyki itd. Termin „syngeneza” może być zastosowany dla określenia czasu powstania minerałów lub składników w dowolnym stadium tworzenia się skał, jednakże zgodnie z tradycją stosuje się go przede wszystkim dla minerałów stadium sedymentogenezy (tabl. II). Prócz tego istnieją synonimy niektórych terminów lub terminy o bardzo bliskim lub podobnym znaczeniu, np. hipergeneza — wietrzenie, których nie ma potrzeby rozpatrywać.

Utworzenie współczesnej teorii powstawania skał osadowych i surowców mineralnych pochodzenia osadowego jest najważniejszym zadaniem litologów radzieckich. W ciągu ostatnich 10—15 lat wykonano wiele — dostatecznie zostały już zbadane i scharakteryzowane pierwsze trzy stadia tworzenia się skał. Znacznie gorzej są zbadane następne stadia. Można mieć nadzieję, że szeroko zakrojone badania osadowych kompleksów i całych formacji na całym obszarze kraju pozwolą wypełnić te luki.

(z rękopisu przełożył J. Czermiński)

Tabela II

| Proces | Terminy określające istotę procesu, stosowane dla nazwania stadium | Terminy określające miejsce i sposób tworzenia się minerałów | Terminy stosowane, ustalone przez tradycję |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Wietrzenie — niszczenie skał macierzystych | Hipergeneza skał macierzystych | Antigeneza | Prozogeneza |
| Transport produktów wietrzenia i osadzenie materiału — utworzenie osadu | Sedymentogeneza | Allogeneza | Protogeneza Syngeneza |
| Przemiany osadu i przejście jego w skałę — powstanie skały osadowej | Diagenetyka | Antigeneza | Epigeneza Syngeneza |
| Przemiany skał osadowych w stratosferze przy niewysokim ciśnieniu i temperaturze | Katageneza | | Epigeneza |
| Przemiany skał osadowych w stratosferze przy podwyższonym i wysokim ciśnieniu i temperaturze | Metageneza, czyli początkowy metamorfizm | | Syngeneza Epigeneza |
| Przemiany skał osadowych na powierzchni ziemi (aż do całkowitego niszczenia włącznie) | Hipergeneza skał osadowych | | Epigeneza |

L I T E R A T U R A

1. Ginzburg I. I. — Metody izuczenia osadocznych porod, t. 2. Moskwa 1957.
2. Ginzburg I. I., Rukawisnikowa I. A. — Mineralny dniewnej ikory wywiotriwanija Urala. Moskwa 1951.
3. Kossowskaja A. G., Łogwinienko N. W., Szutow W. D. — O stadijach formirowanija i izmienienija tiernigiennych porod. „Dokł. AN SSSR” t. 116, nr 2. Moskwa 1957.
4. Łogwinienko N. W. — O pozdnem diagieniezie (epigieniezie) donieckich karbonatnych porod. „Izw. AN SSSR” ser. geolog. nr 7. Moskwa 1957.
5. Pustowalow Ł. W. — Petrografija osadocznych porod. Moskwa 1940.
6. Ruchin Ł. B. — O niekatorych zakonomiernostiach epigienieza. „Woprosy mineralogii osadocznych obrazowanij” kniga 3 i 4. Lwow 1956.
7. Ruchin Ł. B. — Osnowy litologii. Leningrad — Moskwa 1953.
8. Strachow N. M. — Diagieniez osadkow i jego znaczenije dla osadocznego rudobrazowanija. „Izw. AN SSSR” ser. geolog. nr 5. Moskwa 1953.
9. Strachow N. M. — O teoreticzeskoj litologii i jejo problemach. „Izw. AN SSSR” ser. geolog. nr 11. Moskwa 1957.
10. Strachow N. M. — Woprosy mineralogii osadocznych obrazowanij. Lwow 1956.
11. Szwiecow M. S. — Petrografija osadocznych porod. Moskwa — Leningrad 1948.
12. Walthen I. — Einleitung in die Geologie. Jena 1883—94.
13. Wassojewicz N. B. — Sbornik Geologija i geochemija 1(VII). Leningrad 1957.
14. Wassojewicz N. B. — Sputnik polewogo geologa-nieftianika, t. 2. Leningrad 1954.