

А. Г. БАБАЕВ

К ПОЗНАНИЮ ГИПЕРГЕНЕЗА ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Понятие о гипергенезе было введено в литературу в 1922 г. В книге «Геохимия России» А. Е. Ферсман писал: «Под процессами поверхностного разрушения—гипергенеза мы подразумевали весь комплекс химических и геохимических явлений, которые протекают на границе между атмосферой и твердой земной оболочкой». В этой же книге он подчеркивал, что под именем гипергенеза следует понимать «все то, что стремится к равновесию между лито- и атмосферой, т. е. приводит к образованию почвы или нового осадка». В более поздней работе (1934, стр. 129) А. Е. Ферсман вновь вернулся к анализу гипергенных процессов, сущность которых он изложил в виде ниже следующего определения: «Гипергенез (по климатическим зонам) общее изменение литосферы под влиянием факторов поверхности» (Ферсман—1934, стр. 127). Однако несколько ниже он разъясняет, что к гипергенезу, помимо собственно гипергенеза (общее изменение литосферы под влиянием факторов поверхности), относятся также:

- 1) педогенез—образование почвенного покрова,
- 2) сингенез—одновременные осадки химического характера,
- 3) диагенез—изменение осадков под влиянием покрывающих водных растворов,
- 4) галогенез—осадки соляных озер и соляных источников,
- 5) катагенез—образование осадков на границе двух разнородных осадочных пород,
- 6) гидрогенез—осадки подземных водозных вод,
- 7) механогенез—механические накопления,
- 8) биогенез—образования, связанные с живым веществом,
- 9) техногенез—образования, связанные с хозяйственной деятельностью человека.

Этот подход А. Е. Ферсмана, сформулированный им в работе 1934 г. [12], существенно отличается от того, который был им дан в работе 1922 г.

В ранних представлениях А. Е. Ферсмана гипергенез рассматривался в качестве сложного физико-химического процесса поверхност-

ного разрушения ранее образовавшихся горных пород. Здесь особо следует подчеркнуть, что в такой оценке гипергенных процессов не проводится разграничения форм и степени его воздействия на осадочные и изверженные породы.

В работе 1934 г. А. Е. Ферсман значительно расширяет сущность гипергенных процессов, причем он относит к ним, как это следует из вышеизложенного, и такие ранние стадии формирования осадочных пород, как сингенез и диагенез. Из последнего определения А. Е. Ферсмана следует также, что гипергенез представляет собою процесс, особенно характерный для осадочных пород, поскольку как раз с ними связаны различные формы его проявления.

Столь заметное расширение сферы гипергенных процессов вряд ли можно считать оправданным, так как при таком подходе понятие гипергенез фактически становится синонимом понятия «экзогенные процессы», что отмечено и И. И. Гинабургом (1953 г.).

В этих же двух работах А. Е. Ферсман предлагает и рассматривает также понятие о катагенезе, которому он придавал исключительно важное значение. Вначале он называл катагенезом совокупность химических образований, возникших в осадочной породе после того как она оказалась ограниченной от водной массы бассейна новым слоем осадка вплоть до момента, когда она сделалась поверхностью материка. Позже, под катагенезом он подразумевал «совокупность геохимических процессов, вызываемых на границе разнородных минеральных комплексов, свит, пород и т. д. (1934, стр. 286).

В противоположность понятию гипергенез, понятие катагенез не получило в литературе распространения и в настоящее время оно почти забыто. Причиной этого является существование термина диагенез, сущность которого практически полностью перекрывает все те явления, которые А. Е. Ферсман относил к катагенезу. Кроме того, в определении катагенеза А. Е. Ферсманом, как недавно отметил Н. В. Вассоевич (1957 г.), имеет место двойственность, что, по-видимому, также мешало внедрению в практику исследовательских работ понятия о катагенезе. Наконец, отметим, что в работах А. Е. Ферсмана не дано четкого определения соотношения между гипергенезом и катагенезом. Так, на стр. 130 своей «Геохимии» (том II) он пишет: «Как крайняя форма быстро регрессивного движения, является полное обмеление и непосредственное обнажение осадка в зоне атмосферы, наступает момент *катагенеза-перерыва* (подчеркнуто нами—А. В.), в котором осадочная порода подвергается разрушению и геохимическому превращению...» «Если,—продолжает А. Е. Ферсман,—в дальнейшем вновь наступает трансгрессия моря, то начинается наступание бассейна на материк, и на зону катагенеза перерыва начинает налагаться серия трансгрессивных осадков в последовательности: продукты переработки почвенного и мелководного покрова моря и образова-

ние основного конгломерата из них у берега (катагенез трансгрессии), затем следуют песчаники и известняки».

В этой же работе А. Е. Ферман вводит понятие о генетическом цикле нормального осадочного процесса, который им подразделен следующим образом:

- А—Образование первичного осадка
- В } Диагенез—образование отдельных конкреций или стяжений
и в дальнейшем сплошное превращение в породу,
но все еще в сочетании с той водной системой, из
- С } которой он образовался.
- Д } Катагенез—отдельные фазы процессов взаимных химических
- Е } реакций между серией химически и физически
- Ф } разнородных сред.
- Л—Гипергенез—изменения образований под влиянием климатического режима и реакций земной поверхности.

Нетрудно заметить, что в схеме цикла нормального осадочного процесса катагенез рассматривается в качестве одной из его стадий, а гипергенез—в качестве другой, следующей за стадией катагенеза, тогда как в другом месте этой же работы катагенез оценивается как один из процессов гипергенеза. Эта смысловая и терминологическая нечеткость, видимо, также является причиной того, что термин катагенез не получил распространения в геологической литературе.

Однако есть и другая, даже более важная, причина, позволяющая, вопреки мнению Н. Б. Вассоевича (1957 г.), сомневаться в необходимости широкого использования этого понятия даже в том его обновленном содержании, которое предлагает Н. Б. Вассоевич. Эта, едва ли не основная, причина состоит в том, что, говоря о катагенезе, мы в принципе так или иначе должны иметь в виду те процессы, которые в литературе именуются диагенезом или же гипергенезом. О нецелесообразности возрождения термина «катагенез» писал и Л. Б. Рухин (1953 г.).

Сущность процессов диагенеза в последние годы неоднократно обсуждалась в литературе, причем после всестороннего и углубленного их изучения Н. М. Страховым (1953, 1954, 1956 гг.) стали ясными не только причины, формы и масштабы его проявления, но также и его границы и значение в формировании осадочных пород. Поэтому предложение Н. Б. Вассоевича, на наш взгляд, является едва ли необходимым неологизмом. Любопытно, что в таблице 1 (стр. 171), где Н. Б. Вассоевич окончательно оформляет свои представления о стадиях формирования осадочных пород, различия между диагенезом и катагенезом заключается только в том, что диагенез преобразует осадок, а катагенез—горную породу, причем Н. Б. Вассоевич эту свою мысль поясняет так: «Катагенез (изменение породы; *диагенез поро-*

ды)» (подчеркнуто нами—А. Б.). При таком понимании катагенеза невольно возникает вопрос, что же тогда понимать под гипергенезом?

Наиболее приемлемым кажется нижеследующее определение сущности гипергенных процессов: *Гипергенезом называется вся сумма геохимических и структурных изменений осадочной породы, вызванная необходимостью ее приспособления к геохимическим и термодинамическим условиям бытия.*

Нередко понятие о гипергенезе отождествляют с понятием о выветривании горных пород. В этом смысле в основном определяется гипергенез, в частности, А. А. Сауковым. Однако с таким пониманием сущности гипергенеза согласиться нельзя, хотя бы потому, что в этом случае термин гипергенез становится излишним, тем более, что выветривание горных пород можно справедливо считать глубоко проработанным направлением геологической науки.

Понятие о гипергенезе, без сомнения, нельзя отождествлять с выветриванием еще и потому, что формы и места проявления этих двух процессов далеко не идентичны. Вообще нет никаких оснований проявление гипергенных процессов ограничивать поверхностью земли. Еще А. Е. Ферсман отмечал, что существует гипергенная зональность, идущая сверху вниз и обуславливающая «...очень важные явления вторичного изменения с глубиной» (1934 г.). Поэтому кажется весьма рациональным принять предложение Н. Б. Вассоевича о выделении внешней и внутренней зоны гипергенеза. Внешняя зона гипергенеза отвечает поверхности земли, а внутренняя—ее глубинным зонам. В соответствии с этим можно выделить *идиогипергенез* (гипергенез во внешней зоне) и *интрогипергенез*¹ (гипергенез во внутренней зоне).

Поскольку исходные параметры идиогипергенеза и интрагипергенеза неодинаковы, поскольку далее неоднородны термодинамические условия внешней и внутренней зон, постольку и геохимическая направленность идиогипергенеза и интрагипергенеза отличаются друг от друга.

При идиогипергенезе преобразование исходной горной породы вызывается воздействием на нее кислорода, атмосферных осадков, колебания температуры поверхности земли, солнечной энергией и другими агентами физического и химического выветривания. В целом идиогипергенез большей частью сводится к окислению низковалентных элементов семейства железа и переводу их в высоковалентные, с образованием соответствующих гидратов, к десилификации, выщелачиванию и т. п. процессам. Таким образом, при идиогипергенезе происходит либо разложение и вынос некоторых компонентов горных пород, либо их превращение из одних минералогических форм в другие. Так, например, если мы имеем дело с осадочной породой, содер-

¹ Криптогипергенез Н. Б. Вассоевича.

жащей некоторое количество сингенетического или же диагенетического пирита, то при идиогипергенезе этой породы произойдет окисление пирита и распад его на гипс и лимонит. Вот почему во многих случаях один и тот же горизонт, будучи вскрыт скважинами, оказывается обогащенным пиритом, тогда как в поверхностных обнажениях этот горизонт бывает несколько огипсованным.

В соответствии с конкретными климатическими условиями идиогипергенез в одних случаях обуславливает гидратацию (переход ангидрита в гипс), а в других дегидратацию (переход гипса в ангидрит) некоторых типов осадочных пород. Продуктом идиогипергенеза является *terra rossa* и многие другие образования, рассмотрение которых здесь кажется излишним.

Не менее глубокие изменения исходных компонентов горных пород происходят и в зоне интрагипергенеза, для которой обычно свойственен дефицит свободного кислорода и наличие минерализованных вод, циркулирующих по порам и трещинам горных пород. Эти воды в одних случаях растворяют и выносят некоторые компоненты горных пород, в других преобразуют их из одних минералогических форм в иные и в третьих отлагают в пустотах пород, через которые они мигрируют, минералы, ранее не бывшие в составе этих пород. Таким путем нередко происходит цементация песков гипсом, редоломитизация доломитов и др. явления.

Сущность рассмотренных процессов в обоих случаях, таким образом, заключается в прогрессивно развивающемся стремлении к установлению геохимического равновесия между средой бытия осадочной породы и самой осадочной породой.

В соответствии с вещественным выражением гипергенных процессов можно говорить о трех формах проявления гипергенеза.

1. Гипергенез с выносом компонентов горной породы.
2. Гипергенез с привносом новых компонентов в горную породу.
3. Гипергенез преобразования компонентов горной породы.

Рассмотрим коротко эти три формы.

1. *Гипергенез с выносом компонентов* больше всего свойственен внешней зоне (поверхности земли). Конкретное его выражение определяется одновременным воздействием на горную породу факторов физического и химического выветривания. Именно в этой зоне чаще всего гипергенез горных пород сводится к выносу из них тех или иных компонентов и в конечном счете приводит к разрушению горных пород. Вся сумма геохимических преобразований горных пород сводится здесь к: 1) окислению, 2) гидратации, 3) выносу катионов (Na, K, Zr, Ca, Mg и др.) и 4) накоплению в осадках SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и MnO_2 , причем накоплению последних компонентов предшествует их перенос. Дальность этого переноса зависит в первую очередь от миграционных свойств элементов. Легче всего переходят в раствор и дальше, чем

другие переносятся одновалентные катионы (Na, K, Li и др.), вместе с ними далеко может выноситься и органическое вещество. Более низкой растворимостью отличаются двухвалентные катионы (Ca, Mg, Fe^{2+} и др.) и еще труднее—трехвалентные (Fe^{3+} , Al, Si). Последние переносятся на очень короткие расстояния, часто накапливаются даже на месте своего разрушения. Особо следует подчеркнуть, что этот вынос катионов весьма существенно изменяет ассоциации аллотигенных минералов осадочных пород, что в огромной степени осложняет генетическую интерпретацию результатов их минералогического изучения.

Необходимо особо подчеркнуть, что эта переработка первичной ассоциации аллотигенных минералов в ряде случаев бывает настолько значительно, что коренным образом изменяет не только количественные их соотношения, но и самую ассоциацию. Поэтому по отношению к этой гипергенной переработке все аллотигенные минералы осадочных пород необходимо подразделить на *стабильные* и *нестабильные*. В группу стабильных минералов входят кварц, циркон, турмалин, рутил, некоторые гранаты (гроссуляр), кислые плагиоклазы, ставролит, дистен, анатаз и некоторые другие. Группу нестабильных минералов образуют оливин, средние и основные плагиоклазы, амфиболы, пироксены, некоторые гранаты (альмандин, андрадит), эпидот, апатит и ряд других минералов. Естественно, что гипергенной переработке оказываются подверженными нестабильные минералы, причем это можно обстоятельно объяснить не только теоретическими соображениями, но и подкрепить обширным фактическим материалом по различным областям распространения осадочных пород.

Минералогу-осадочнику весьма часто приходится встречать такие минералогические ассоциации, которые практически лишены основных и средних плагиоклазов, оливина, амфиболов и пироксенов, причем чаще всего отсутствие этих минералов следует объяснять их разложением в процессе гипергенеза. Особенно частым, бросающимся в глаза случаем, является тот, когда приходится иметь дело с осадочными породами, в которых соотношение между кварцем и полевым шпатами оказывается таким, каким не характеризуется ни одна материнская изверженная порода. В огромном большинстве случаев это всецело объясняется нестойкостью плагиоклазов, особенно основных и средних в зоне идиогипергенеза, что вначале приводит к их пелитизации, а затем и полному превращению в глинистые частицы. В результате возникает своеобразная ассоциация, с очевидным и резко выраженным господством кварца, вплоть до преобразования полимиктовых полевошпато-кварцевых песков в олигомиктовые кварцевые пески.

Из изложенного со всей очевидностью следует то чрезвычайно важное обстоятельство, что идиогипергенез с выносом компонентов

приводит к минералогической специализации осадочных пород — явление, не привлекавшее до сих пор к себе должного внимания исследователей.

2. *Гипергенез с привносом компонентов* имеет место как во внешней, так и во внутренней зоне. Данная форма проявления гипергенных процессов в несравненно меньшей степени изменяет первичную характеристику вещественного состава осадочной породы, но вместе с тем она может привести к существенной перестройке ее структуры. В результате проявления гипергенеза с привносом компонентов происходит цементация обломочных пород и обогащение их минеральными новообразованиями. Последнее обстоятельство, бесспорно, требует особого внимания, т. к. минеральные новообразования справедливо рассматриваются в качестве весьма важных индикаторов геологической среды. Однако вряд ли стоит подробно разъяснять важность разграничения сингенетических и диагенетических минеральных новообразований от тех, которые возникли в породе за счет гипергенных процессов. Если первые без сомнения являются важнейшим исходным материалом для палеогеохимического анализа обстановки осадконакопления, то вторые свидетельствуют лишь о тех геохимических условиях, в которых в последующем пришлось находиться осадочной породе. Имеется немало примеров, когда в одном и том же образце осадочной породы встречаются минеральные новообразования, для возникновения которых необходимы существенно неодинаковые условия. Приведем два хорошо знакомых нам примера.

В альбских отложениях западного Узбекистана достаточно часто в одном и том же образце встречаются пирит, глауконит и барит. На основании детальных литологических исследований выявлено, что накопление альбских отложений происходило в мелководной и относительно глубоководной части моря в условиях среды, геохимические параметры которой определялись то умеренно-восстановительными, то явно восстановительными условиями. Естественно, что в подобных условиях произошло обогащение осадка пиритом и глауконитом. Барит же, как известно, образуется только в кислой среде, поэтому ассоциацию пирит-глауконит-барит никак нельзя назвать генетической. Барит в данном случае представляет собою более позднее образование, возникшее за счет гипергенеза.

Точно так же нельзя считать генетической и ассоциацию пирита с целестином, описанную А. И. Месропяном и И. Г. Гаспарян в гипсоносной толще третичных отложений Армении. Один из этих элементов, по-видимому, пирит, является более поздним и имеет скорее всего также гипергенную природу. Эти примеры можно было бы дополнить и многими другими, но и без них представляется возможным подчеркнуть нижеследующее.

Гипергенез с привносом компонентов преобразует вещественный

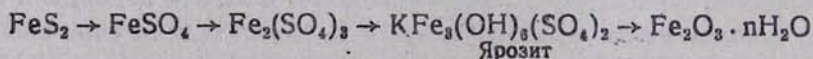
состав осадочной породы в направлении обогащения ранее существовавших аутигенных минералов новыми и в меньшей мере в направлении преобразования ее аллотигенных минералов.

3. *Гипергенез преобразования исходных компонентов* осадочной породы проявляется как во внешней, так и во внутренней зонах, однако его интенсивность более высока во внешней зоне. Эта разновидность форм проявления гипергенных процессов отличается от предыдущих тем, что под их влиянием не происходит сколько-нибудь существенных изменений в балансе химического состава осадочной породы, хотя само вещество в минералогическом отношении может заметно измениться. Лучше всего это видно на примере мутабильных соединений, сущность и значение которых впервые подчеркнул тот же А. Е. Ферсман. В зависимости от конкретных геологических и климатических условий некоторые соединения (особенно слюды) последовательно меняются путем перехода из одной фазы к другой, более устойчивой в этих условиях, но сохраняют при этом основной мотив своей кристаллической структуры. Характер подобных изменений подробно разобран И. И. Гинзбургом и И. А. Рукавишниковой на примере древней коры выветривания Урала.

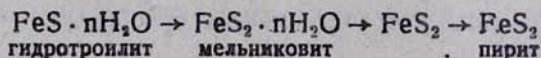
К числу примеров со слюдами, которые рассмотрены И. И. Гинзбургом и И. А. Рукавишниковой, можно добавить еще следующие.

В условиях земной поверхности ортоклаз проявляет себя как нестабильный минерал и в конце концов через ряд промежуточных членов переходит в каолин. При этом вначале ортоклаз поглощает некоторое количество воды, затем происходит вынос щелочей и щелочных земель и замещение их водородом, а также отщепление части SiO_2 . В результате между исходным ортоклазом и конечным продуктом его преобразования каолином существует ряд промежуточных (мутабильных) форм. Этот процесс в осадочных породах кварц-полевошпатового состава распространен чрезвычайно широко и называется обычно пелитизацией полевых шпатов. Столь же широко распространено явление перехода альбита в серицит. Исследования П. Земятинского показали, что и мусковит через ряд мутабильных членов постепенно переходит в каолин.

Более быстро, чем в рассмотренных случаях, во внешней зоне гипергенеза происходит преобразование пирита в бурый железняк по схеме:



Во внутренней зоне, при циркуляции вод, богатых сероводородом, происходит преобразование окисных соединений железа в закисные по схеме:



Как видим, переход нестабильных минералов в стабильные применительно к данным физико-химическим условиям бытия происходит постепенно, через промежуточные формы.

Изложенные выше соображения о гипергенезе осадочных пород так или иначе заставляют обратиться к объяснению соотношения между гипергенезом, эпигенезом и метаморфизмом. Недавно сущность эпигенеза была подвергнута пересмотру Л. Б. Рухиным (1956 г.), который объединяет сингенез, диагенез и эпигенез в один общий процесс, называемый им «окаменением», причем стадия эпигенеза расчленяется Л. Б. Рухиным, в зависимости от места его проявления, на регрессивный и прогрессивный эпигенез.

Эпигенез в понимании Л. Б. Рухина соответствует во всех деталях катагенезу Н. Б. Вассоевича. Прогрессивный эпигенез по Л. Б. Рухину вызывает изменения осадочных пород во время их погружения, тогда как регрессивный эпигенез объясняет все изменения осадочных пород, которые возникают в процессе их поднятий. Такое подразделение общего процесса кажется рациональным, тем более что в дальнейшем прогрессивный эпигенез переходит в метаморфизм, а регрессивный — в выветривание. В этом же смысле рационально и подразделение катагенеза на регрессивный и прогрессивный, как это сделано Н. Б. Вассоевичем (1957 г.).

В нашем, широком понимании сущности гипергенных процессов прогрессивный эпигенез Л. Б. Рухина (или прогрессивный катагенез Н. Б. Вассоевича) в полной мере соответствует гипергенезу во внутренней зоне (интрогипергенезу), тогда как регрессивный эпигенез (регрессивный катагенез по Н. Б. Вассоевичу) — гипергенезу во внешней зоне (идиогипергенезу). Таким образом эпигенез Л. Б. Рухина, катагенез Н. Б. Вассоевича и гипергенез в нашем понимании являются синонимами.

О нецелесообразности возрождения термина *катагенез* мы уже отмечали выше. Следует подчеркнуть, что в понимании эпигенеза у исследователей нет единства. В недавно вышедшем II томе «Геологического словаря» после определения понятия эпигенез приводится нижеследующее разъяснение: «Термин недостаточно определенный и поэтому не общепринятый».

Однако, имея в виду то обстоятельство, что понятие эпигенеза достаточно прочно вошло в литературу, сейчас вряд ли целесообразно ставить вопрос об упразднении этого термина. Здесь необходимо учитывать еще и то, что если даже завершением диагенеза считать, в соответствии с предложением Н. М. Страхова (1956 г.), момент отжима из осадка грунтовых вод, то, по-видимому, в этот момент осадок еще окончательно не преобразован в горную породу. На наш взгляд, было бы правильным свести понятие об эпигенезе ко всем тем физико-химическим и структурным превращениям, которые происходят в осадке

момента потери им избыточной влаги до момента окончательного преобразования осадка в горную породу, оставив на долю гипергенеза все последующие процессы (исключая метаморфизм), совершающиеся в *горной породе* за всю историю бытия.

Что касается вопроса о разграничении метаморфизма и гипергенеза, то здесь, на наш взгляд, следует исходить из следующего.

Структурные изменения при гипергенезе ограничиваются лишь цементацией, тогда как метаморфизм, в принципиальном понимании этого процесса, должен неизбежно приводить к перекристаллизации пород, к превращению ее из одного типа в другой (напр., переход глин в аргиллиты). Кроме того, минеральные новообразования при метаморфизме, как правило, совсем иные по сравнению с гипергенными минеральными новообразованиями. По этим двум признакам, как нам кажется, можно отделить нормально осадочные породы от их метаморфизованных разностей.

Сказанное дает основание рассматривать гипергенез в качестве стадии, предшествующей метаморфизму, но никак не его синонимом.

Говоря о гипергенных процессах в целом, следует подчеркнуть, что они являются отражением такого более общего природного явления как поясное и зональное развитие природных процессов. Выдающийся русский ученый В. В. Докучаев еще в 1888 г. подчеркнул, что развитие органической и неорганической материи есть единый процесс и он может быть понят лишь путем увязки истории зонально расчленяющихся осадочных образований и окружающих климатических, орографических и прочих физико-географических условий. В. В. Докучаев писал, что если в познании отдельных тел (минералы, горные породы, растения, животные), а также явлений природы (огонь—вулканизм, вода, воздух и т. д.) наука достигла «удивительных результатов», «остались все еще не выясненными их соотношения, их «генетическая, вековая и всегда закономерная связь». Далее В. В. Докучаев отметил, что все стихии взаимосвязаны и несут на себе явные и неизгладимые черты закона мировой зональности, причем этот закон определяет не только горизонтальную, но и вертикальную зональность, то есть отражает закономерность развития. Эти плодотворные идеи были позже развиты в трудах А. Е. Ферсмана, Б. В. Полюнова и Н. М. Страхова.

А. Е. Ферсман, в частности, распространил горизонтальную и вертикальную зональность В. В. Докучаева и на геохимические процессы. Он подчеркивал, что образование коллоидов и постепенный ряд превращений растворов—золи-гели-кристаллоиды в огромной степени зависят от климатического режима и поэтому определяют зональность гипергенных процессов. Зональность гипергенных процессов формирует гипергенные провинции и соответствующие им гидрогеологический режим и растительный покров. Эти гипергенные провинции

Б. Б. Полюнов и выделил как «геохимические ландшафты», понимая под этим термином совокупность химических процессов, которые совершаются водой, газами, грунтовыми водами и биогенными факторами, которые на поверхности обусловили ландшафт, а на глубине — направление геохимических реакций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вассоевич Н. Б., 1957, О терминологии, применяемой для обозначения стадий и этапов литогенеза, В книге „Геология и геохимия“, 1/VII, Л.
2. Гинзбург И. И., 1953, Учение о гипергенных процессах в работах А. Е. Ферсмана, Тр. Минералогического музея АН СССР, вып. 5.
3. Гинзбург И. И., Руковишников И. А., 1951, Минералы древней коры выветривания Урала, Изд. АН СССР, М.
4. Докучаев В. В., 1949, К учению о зонах природы (горизонтальные и вертикальные почвенные зоны). Избр. труды. Изд. АН СССР, М.
5. Полюнов Б. Б., 1935, Кора выветривания, ч. 1, Изд. АН СССР, М.
6. Рухин Л. Б., 1953, Основы литологии, Гостоптехиздат. М.—Л.
7. Сауков А. А., 1950, Геохимия, Гостоптехиздат, М.
8. Страхов Н. М., 1953, Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования, Изв. АН СССР, Сер. геол., № 5.
9. Страхов Н. М. и др., 1954, Образование осадков в современных водоемах, Изд. АН СССР, М.
10. Страхов Н. М., 1956, К познанию диагенеза, В кн. „Вопросы минералогии осадочных образований“, кн. 3—4, Львов, Изд. Львовского Госуниверситета.
11. Ферсман А. Е., 1922, Геохимия России, Научн. хим.-техн. изд., II ч.
12. Ферсман А. Е., 1934, Геохимия, т. II, ОНТИ, Химтеоретиздат.
13. Ферсман А. Е., 1953, Избранные труды, т. II, Изд. АН СССР, М.

