

*Б.Ф. Горбачев, Г.П. Васянов, П.О. Аблямитов, А.В. Шишкин*  
Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых, Казань  
root@geolnerud.com

## ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИПЕРГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ, СОСТАВ И СВОЙСТВА НЕРУДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

На территории Республики Татарстан изучалось влияние процессов гипергенеза на карбонатные, сульфатно-карбонатные, кремнисто-карбонатные породы, песчаники и конгломераты, фосфориты. Сделан вывод о целесообразности комплексного и полиаспектного изучения процессов и продуктов гипергенеза в целях рационального использования и охраны природных ресурсов.

### Введение

Термин «гипергенез», введенный в отечественную геологическую науку в 1922 г., обозначает «... весь комплекс химических, био- и физико-химических явлений, которые протекают на границе между атмосферой и твердой земной оболочкой» (Ферсман, 1955).

Область развития процессов гипергенеза должна рассматриваться как приповерхностная часть литосферы, где «выведенные на земную поверхность... горные породы стремятся придти к равновесию с окружающей средой, подвергаясь воздействию как гипергенных (экзогенных), так и гипогенных (эндогенных) факторов» (Изучение..., 1995). Наряду с элювием и продуктами его ближнего перераспределения формируются разнообразные инфильтрационные образования (иллювий), а также образования, генерированные воздействием подземных вод: нисходящих (вадозных), восходящих (артезианских, элизионных, ювенильно-гидротермальных), квазигипергенных – возникающих при смешении нисходящих и восходящих вод.

Верхней границей области развития процессов гипергенеза является земная поверхность, нижняя ее граница в зависимости от литологии субстрата и условий дренирования расположена на глубинах, ниже которых резко сокращается водообмен, отсутствует свободный кислород, затухают процессы гидролиза и коллоидообразования.

Изучению процессов выветривания, воздействия на породы подземных вод существенное внимание уделяли видные представители Казанской геологической школы (Кротов, 1931; Миропольский, 1950). Наряду с древними эпохами выветривания ими были выделены молодые (кайнозойские), оказавшие воздействие на выведенные к земной поверхности породы, возраст которых на территории Татарстана различен – от антропогена до верхней перми. Ими не отрицалась возможность наложения позднего выветривания на продукты более древних эпох гипергенеза.

Наибольший интерес вызывают эпохи, в течение которых продукты гипергенеза образуют залежи, представляющие интерес для организации их добычи в качестве полезных ископаемых. Формирование подобных залежей возможно лишь при существовании в течении достаточно длительного времени условий, сводящих к минимуму как их физическое разрушение, так и неприемлемую дегградацию в них полезных свойств минерального сырья.

Можно полагать, что условия, наиболее благоприятствовавшие формированию и сохранению продуктов вы-

ветривания, имели место на территории Татарстана в позднем миоцене – раннем плиоцене, когда на Русской платформе преобладали процессы планации рельефа с выведением к поверхности различных горизонтов перми, юры и мела (Горелов, 1974). По мнению того же автора, на реликтовых участках позднемиоценовой – раннеплиоценовой поверхности выравнивания (современные водоразделы) в некоторых случаях отмечено присутствие маломощных карбонатных и глинисто-красноцветных кор, залегающих местами под плиоценовыми осадками. В Татарстане выделены три поверхности выравнивания, отвечающие крупным тектоно-климатическим этапам развития рельефа в кайнозойе (Дедков и др., 2000).

Наиболее древняя из них – миоценовая представлена водораздельными плато с высотными отметками 280 – 300 м и развита в Восточном Закамье, срезая не только слои татарского яруса, но и более молодых отложений, вплоть до эоцена и олигоцена.

Вторая, плиоценовая, денудационная поверхность (180 – 230 м) с пологосклоновыми останцами, характерная для Западного Закамья, срезает породы верхней перми и мезозоя, отличаясь от первой большей мощностью покровных отложений (раннеплейстоценовые делювиально – пролювиальные суглинки, неоплейстоценовые пески).

Условия весьма слабой механической денудации на водоразделах оказались благоприятными не только для сохранения реликтов древних поверхностей выравнивания, но и древних продуктов выветривания. Существование до наших дней реликтов двух более древних поверхностей выравнивания предопределило относительную сохранность присущих им продуктов гипергенеза, генерированных выветриванием (физическим и химическим), инфильтрацией и циркуляцией вод, развитием карста.

В связи с вышесказанным целесообразно приповерхностную часть осадочного чехла, расположенную ниже уровня поверхностей выравнивания, рассматривать в качестве зоны гипергенеза, в объеме которой горные породы (субстрат) затронуты указанными выше процессами в различных сочетаниях их интенсивностей. Мощность зоны варьирует в зависимости от суммарного влияния литологических, геоморфологических, неотектонических и гидрогеологических факторов.

Особенность и своеобразие гипергенных процессов на территории Республики Татарстан заключаются в том, что они развивались и развиваются исключительно среди

осадочных образований: сульфатно-карбонатных, терригенных, глинистых, кремнистых и фосфатных. Многие виды разновозрастных осадочных пород на территории Татарстана добываются и используются в качестве полезных ископаемых, ввиду этого изучение процессов гипергенеза имеет и прикладное значение, поскольку они не только влияют на состав и свойства ранее генерированных полезных ископаемых, но и способны формировать некоторые специфические их виды (кальцитовый оникс, целестин, гипс – селенит) или же преобразовывать полезные ископаемые из одного вида в другой (ангидрит в гипс, песчаники и гравелиты в пески и гравий, доломиты в доломитовую муку – «сыпучку»).

Изучение процессов гипергенеза и их влияния на состав и свойства минерального сырья РТ проводилось на 30 объектах (карьерах) добычи неметаллических полезных ископаемых. Все они вынесены на обзорную карту и дифференцированы в отношении типов субстрата и видов гипергенных изменений (Рис. 1). При обследовании объектов много внимания уделялось наблюдениям литологических признаков (цвет, текстура, трещиноватость, прочность), наличию или отсутствию полостей, выполненных вторичными минералами, явлениям метасоматического замещения (окремнение, кальцитизация, фосфатизация и пр.). В отобранных пробах изучалось содержание химических и минеральных компонентов, физико-механические свойства (механическая прочность, плотность, пористость).

### 1. Гипергенез в карбонатных толщах

Гипергенез в карбонатных толщах приводит в конечном итоге к преобразованию плотных пород в мучнистые продукты доломитового или кальцит-доломитового состава. Процесс этот протекает на поверхностных выходах карбонатных пород в связи с выветриванием, но может развиваться на значительных глубинах под воздействием карстовых вод глубинной циркуляции (Быков, 1975). Кроме того, мучнистые продукты могут переотлагаться инфильтрационными водами в нижележащих пустотах.

В качестве типоморфных обследовались Юнусовское (Пестречинский район) и Больше-Кармалинское (Камско-Устьинский район) месторождения доломитовой муки. В карьерах были установлены убедительные доказательства гипергенных изменений доломитов с четко выраженной зональностью, свойственной профилю карбонатной коры

выветривания (Табл. 1), мощность которой 2 – 2,2 м.

Мощность «сыпучки» существенно доломитового состава варьирует от 0,4 м на Больше-Кармалинском карьере до 1,5 м на Юнусовском карьере, мощность переходной зоны 0,5 – 0,6 м. Залегающие ниже слабо измененные щебнистые доломиты – 0,2 – 1 м сменяются ниже крепкими известняками. Видимо, переход плотной карбонатной породы в рыхлый сыпучий продукт происходит вверх по разрезу через зону щебня, затем зону мучнистой массы, содержащей в себе реликты исходной карбонатной породы, причем содержание и размеры последних постепенно снижаются вплоть до полного исчезновения с переходом в однородную бесструктурную карбонатную «сыпучку». Значительно шире распространены дезинтегрированные доломиты и доломитизированные известняки с ограниченным участием мучнистого материала, как это, например, имеет место на Меретякинском карьере в Тюлячинском районе. Изменения состава и свойств карбонатных пород при преобразовании их в мучнистый элювий показаны в табл. 2. Имеются наблюдения, что доломитовая мука по сравнению с известковой более рыхлая.

«Сыпучка», формирующаяся при выветривании доломитов, не приобретает существенных отличий в минеральном составе кроме незначительного увеличения содержания нерастворимого остатка. В нерастворимом остатке доломитовой муки по результатам рентгенофазового анализа установлено присутствие монтмориллонита, слюды, кварца, хлорита, плагиоклаза. Выветривание глинистых и кремнистых известняков приводит к значительному накоплению нерастворимого остатка алевритового, глинистого или же кремнисто-глинистого состава (Гудошников, 1999).

Экспериментально установлено, что кальцит выщелачивается в два раза интенсивнее доломита. В случае их совместного присутствия в субстрате выветривание приводит к накоплению доломита в качестве остаточного продукта (Юнусовское, Больше-Кармалинское месторождения). В связи с растворением части карбонатов и дезинтеграции повышается пористость исходных пород, снижаются их плотность и прочностные свойства (Simon et al., 1970). Растворение карбонатов развивается по системе микротрещин и межзерновых пор, в результате чего происходит и их разъединение.

В нижней части профиля коры выветривания карбонатных пород в связи с переосаждением карбоната кальцием


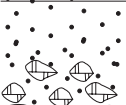

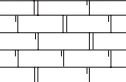
Возраст	Литологическая колонка	Глубина залегания, м		Литологическая характеристика пород	Химический состав, %				Физико-механические свойства		
		от	до		Н.О.	CaO	MgO	ППП	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Марка прочности
P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>		0	1,5	Мука доломитовая - белая с желтоватым оттенком - бесструктурная, в нижней части со слабо выраженной горизонтальной слоистостью.	1,3	30,7	21,4	46,3	1,9	-	-
		1,5	2,0	Мелкие куски выветрелого доломита в доломитовой муке. Отмечается реликтовая слоистость. Аналитические данные характеризуют реликты доломита.	1,24	29,3	21,5	46,3	2,3	12,2	Слабая
		2,0	2,2	Доломит белый, выветрелый, слабо сцементированный.	0,95	29,2	21,5	46,6	2,4	30,7-44,0	300
		2,2	4,1	Известняк серый, доломитистый, крепкий, участками окремнелый, с кристаллическими щетками кальцита в пустотах.	1,7-2,0	31,0-53,1	6,5-20,2	42,7-47,0	1,9-2,3	45,0-47,0	400

Табл. 1. Литолого-вещественная характеристика профиля коры выветривания Юнусовского месторождения доломитов.


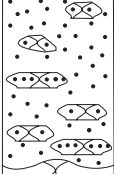

Возраст	Литологическая колонка	Мощность, м	Литологическая характеристика пород	Физико-механические свойства			Химический состав, %								
				Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Марка прочности	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ППП
P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>		2,0-5,0	Песок среднезернистый, полимиктовый, глинистый.	—	Низкая	Отсутствует	67,9	12,0	5,0	0,06	2,44	2,42	2,73	1,88	4,67
		6,0-7,0	Песок полимиктовый с реликтовыми фрагментами песчаника, размеры и содержание которых увеличиваются вниз по разрезу. Аналитические данные характеризуют переходную зону от песчаника к песку.	—	Низкая	Отсутствует	56,3	9,82	4,3	0,11	9,12	1,83	2,14	1,59	11,17
		в.м. 3,5	Песчаник среднезернистый, полимиктовый, трещиноватый, цемент глинисто-карбонатный.	2,56	80,1	800	45,9	7,37	3,0	0,17	20,6	1,36	1,68	1,42	19,93

Табл. 2. Литолого-вещественная характеристика профиля коры выветривания в Дусайском карьере песчаников.

формируется зона цементации, чаще всего представленная выдержанным пластообразным телом мощностью до 1 м. Породы такого происхождения отличаются особой прочностью, массивные, очень крепкие (показатель прочности на сжатие около 600), как это видно на примерах Меретякинского, Шадкинского, Юнусовского и Верхне-Кармалинского месторождений. Цементацию, видимо, можно связывать с поступлением богатых кальцием инфильтрационных вод, под действием которых явно кристаллический доломит замещается тонкодисперсным близким к пелитоморфному кальцитом. Под микроскопом при скрещении николей в таких породах можно наблюдать теневые ромбэдрические кристаллы предшествующего доломита (агрегатные псевдоморфозы кальцита по доломиту).

К идиовиальным гипергенным образованиям могут быть отнесены также выделения мраморного оникса, приуроченные к карбонатным, реже песчаным толщам казанского яруса. Их формирование обусловлено инфильтрационными процессами в зоне гипергенеза, сопровождающимися осаждением натечного кальцита на стенках полостей, каверн, трещин. Подобные объекты детально были изучены ранее (Шишкин, Васянов, 1998). Выделено три основных морфогенетических типа проявлений оникса: пещерно-карстовый, трещинно-прибрежный и трещинный в зоне цементации коры выветривания.

Образования водоносных горизонтов. В карбонатных толщах верхней перми гипергенез проявляет себя также в формировании маломощных (до 10 – 20 см) кавернозных и брекчиевидных горизонтов, в которых наблюдаются процессы выщелачивания карбонатов, окремнения, вторичной кальцитизации и ожелезнения. Расположены подобные зоны субгоризонтально, чаще всего на глубине 3 – 7 м от поверхности и прослеживаются на значительной площади. Окремнение развивается с образованием в карбонатной породе ячеек, стенки которых сложены метакolloидным кремнеземом (халцедон), а внутри ячеек заключены фрагменты исходной карбонатной породы. Чаще всего окремнение не распространяется на весь объем горизонта, ввиду чего карбонатное заполнение ячеек постепенно выщелачивается, с образованием каверн, стенки которых покрыты щетками новообразованного мелкокристаллического кальцита. Железистый пигмент пятнисто окрашивает стенки каверн в красно-розовые тона. Разрастание и утолщение стенок ячеек приводит местами к их слиянию с образованием плотных, очень крепких скоп-

лений срытокристаллического кремнезема. Его раскристаллизация сопровождается локальным образованием радиальных, зонально-радиальных, веерообразных и мозаичных агрегатов зерен тонкокристаллического кварца. Поздний кальцит по трещинам контракции и границам микрокристаллов замещает как метакolloидный, так и раскристаллизованный кремнезем. Порою процесс замещения кальцитом прерывает развитие кремнисто-кавернозного горизонта и формируются брекчиевидные его аналоги. По данным рентгенофазового анализа, в минеральном составе образований кремнисто-кавернозного горизонта обнаружены только кварц и кальцит.

## 2. Гипергенез в сульфатно-карбонатных толщах

В соответствии с современными воззрениями (Даровских, Кудряшов, 2000) гипс в сульфатно-карбонатных отложениях перми формируется, в основном, за счет гидратации ангидрита над уровнем подземных вод. Развитие на глубину процесса гидратации ангидрита зависит от положения зеркала подземных вод, напрямую связанного с расположением базисов дренирования надземных вод и размещением в разрезе водоупоров. В связи с этим опускание уровня подземных вод ведет к умоощнению зоны гидратации ангидритов. Вероятно, поэтому большая часть значительных скоплений гипса в субгоризонтально залегающих осадочных толщах приурочена к бортам долин крупных рек, являющихся зонами интенсивной разгрузки сульфатных вод. Этот фактор рассматривается в качестве определяющего также для объяснения формирования залежей целестина на Русской платформе (Евсеева, 1999). Примеры перехода ангидрита в гипс наблюдаются в нижних горизонтах Камско-Устьинского рудника. В то же время имеют место и локальные гипергенные формы его выделения: крупные линзы сахаровидного гипса, жилы селенита и гнезда пластичного прозрачного гипса (марьино стекло). Последние нередко наблюдаются в сростании с кристаллами самородной серы (Никифоровское месторождение), что явно указывает на их парагенетическую связь в условиях восстановительной среды в присутствии битумов. Выделения самородной серы уже сами по себе свидетельствуют о процессах восстановления сульфат-иона, в связи с чем в подземных водах возникает его дефицит. Вполне вероятно, что низкая концентрация сульфат-иона благоприятствует формированию крупных кристал-

лов пластинчатого гипса. Напротив, жилы селенита формируются в условиях повышенной концентрации ионов  $Ca^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$  в инфильтрационных водах.

### 3. Гипергенез в терригенных толщах

К гипергенным образованиям нами отнесены залежи галечников и песков, слагающих останцовые холмы на денудационных поверхностях выравнивания.

С геоморфологических позиций залежи песчано-гравийных материалов (ПГМ) отнесены к водораздельной группе (Дедков, 2000). Формирование подобных залежей связано с разрушением карбонатного цемента конгломератов и песчаников татарского яруса и верхнеказанского подъяруса в условиях гумидного климата плиоцена и четвертичного периодов. Формирование залежей ПГМ можно считать связанным с выветриванием и относить их к элювиальному типу.

Продуктивная элювиальная толща мощностью не более 10 м сложена рыхлыми галечниками и песками в виде прослоев и линз. В результате неравномерного растворения карбонатного или карбонатно-глинистого цемента сохраняются округлые, караваевидные крепкие останцы конгломератов или песчаников (Табл. 2). Поверхность останцов обычно ровная, размеры до нескольких метров, ориентированы они согласно унаследованной слоистости. По прочности исходные песчаники имеют удовлетворительные показатели (прочность к сжатию 80,1 МПа, пористость 6%, средняя плотность 2,56 г/м<sup>3</sup>). Особенностью состава галечников является преобладание окатанных обломков кремнистых яшмовидных пород различной окраски (черной, белой, красной, зеленой) при отсутствии гальки пермских карбонатных пород.

Сопоставление химического состава песчаников и песков Юлбатского месторождения (Рис. 2) показывает, что при выветривании первых полностью выносятся кальцит, цементирующий песчаный материал, и в песках существенно возрастает относительное содержание всех прочих компонентов. Следует отметить, что марганец также выносятся, что является указанием на его изоморфное вхождение в структуру карбонатов. Эпигенетическое ожелезнение исходных пород и их децементированных анало-

гов проявляет себя ритмично чередующимися зонами серо-бурой окраски, формирование которых, возможно, произошло по типу колец Лизеганга.

Наиболее изученным является Таш-Елгинское месторождение ПГМ в Муслюмовском районе. Продуктивная толща сложена косослоистыми разнозернистыми песками с линзами галечников. Вскрытая мощность продуктивной толщи до 8,7 м. Содержание гравия в ПГМ 46%, песка – 50,7% (средневзвешенное по месторождению). Гальки различной окраски хорошо окатаны и представлены на 90 – 95% кремнистыми, яшмовидными породами, на 3% – порфиритами и базальтами. Гальки последних несут на себе следы выветривания, что указывает на ее гипергенное преобразование. Преобладающий размер галек 0,5 – 2 см, редко до 4 см. В стенке карьера породы слабо устойчивые, рыхлые, однако, при их отработке довольно часто из нижних горизонтов извлекаются реликтовые фрагменты крепкого конгломерата, в которых наблюдается цементация белым вторичным кальцитом.

Весьма интересным объектом является Дусайский карьер в Муслюмовском районе. Верхняя часть разреза представлена толщей галечников и песков, с реликтами конгломерата в нижней части. Гальки хорошо окатаны, размером обычно до 2 см и в основном состоят из кремнистых яшмовидных пород различной окраски уральского типа. Между гальками расположен скрепляющий их песчано-карбонатный базис серого цвета. Песчаная составляющая имеет преимущественно кремнево-кварцевый состав. Белый кальцитовый цемент кристаллически-зернистого типа отмечается в конгломератах локально, заполняя пустоты, возникшие, скорее всего, после частичной их децементации. Такой цемент следует рассматривать как вторичный, на что указывает также присутствие в конгломератах вертикальных тонких (до 0,5 см) прожилков кальцита, появление которых возможно лишь в крепкой породе (Рис. 3).

Рис. 1. Схема размещения обследованных гипергенных объектов. 1 – Неоген-четвертичные образования; 2 – Юрско-меловые образования; 3 – Пермские образования; 4 – Месторождения карбонатной муки: 9 – Юнусовское, 10 – Большекармалинское, 11 – Марьинское II, 12 – Мокро-Савалеевское; 5 – Месторождения и проявления мраморных онисков: 13 – Потанихинское, 14 – Туманное, 15 – Таутерменское, 16 – Меретяжское, 17 – Антоновское, 18 – Пичкаское, 19 – Сарабикуловское, 20 – Старо-Иштеряковское, 21 – Шугуровское, 22 – Каркалинское, 23 – Воткинское; 6 – Пункты наблюдения окремнения карбонатных пород под воздействием подземных вод: 1 – Цитьенское; 2 – Нусинское; 3 – Шушмабашиское; 4 – Курьянское; 5 – Среднесабинское; 6 – Сатышевское; 7 – Красновидовское; 8 – Черемуховское; 7 – Месторождения ПГМ: 24 – Новониколаевское, 25 – Поисевское, 26 – Таш-Елгинское, 27 – Дусайское, 28 – Каргопольское, 29 – Иреклинское I, II, 30 – Бобровско-Полянское, 31 – Большие-Покровское, 32 – Рудничное, 33 – Азгигитовское, 34 – Бакрчинское; 8 – Месторождения целитосодержащих пород: 35 – Татарско-Шатрашанское и Городищенское; 9 – Месторождение и проявления фосфоритов: 36 – Большие-Аксинское, 37 – Сюдюковское и Вожжинское; 10 – граница РТ.

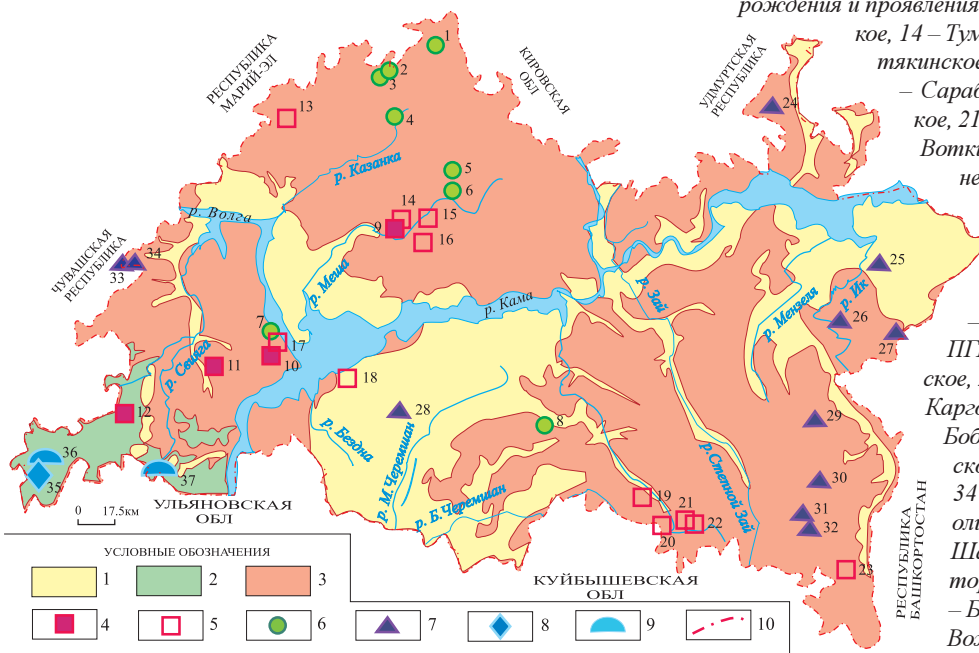




Рис. 2. Обнажение полимиктовых песков и песчаников у с.Юлбат Сабинского района. В массе песка отмечаются каравоидные реликты песчаника.

#### 4. Гипергенез в глинистых толщах

Глинистые породы перми, мезозоя и кайнозоя ввиду своей слабой водопроницаемости в значительно меньшей степени подвержены гипергенным изменениям. Наиболее обычный процесс – окисление содержащихся в них сульфидов железа, вследствие чего возникают участки заохривания. В серых известковистых глинах оксфорд-кимериджа (верхняя юра) на месте конкреций пирита образуются гнезда охристо-гипсовой сыпучки диаметром до 0,2 – 0,3 м. В этих же глинах отмечены случаи, когда самый верхний их горизонт мощностью не более 1 – 1,5 м обедняется кальцием. Появление сернокислотных продуктов окисления пирита приводит к локальной каолинизации глинистых минералов, среди которых преобладают смешанослойники слюда – смектит. Выветривание оказывает воздействие и на глинистые породы верхней перми. В профиле выветривания глин татарского яруса, слагающих плиоценовую поверхность выравнивания, преобладает процесс физического разрушения, последствия которого прослеживаются до глубины 5 м (Баранова и др., 1959). Другой наиболее заметный значительный процесс – оголение самой верхней части профиля, с чем связано осветление окраски глин. В более глубоких горизонтах по трещинам наблюдаются ржаво-бурые (железистые) и фиолетовые (марганцевые) налеты, а также белые мучнистые известковые присыпки. С повышением выветрелости глин возрастает их пластичность и набухаемость.

Гипергенез в опоконидной кремнисто-карбонатной цеолитовой толще верхнего мела изучен в карьерах Татарско-Шатрашанского и Городищенского месторождений. Опоконидные породы слагают крупный эрозионный останец, вытянутый в субстратном направлении. По результатам бурения был составлен разрез продуктивной толщи (снизу вверх): глины – цеолитсодержащие мергели (нижний горизонт) – цеолитсодержащие опоки – цеолитсодержащие мергели (верхний горизонт). В карьере, вскрывшем верхний горизонт, породы по составу отвечают цеолитсодержащей опоке. Это связано, вероятно, с многолетней фильтрацией атмосферных осадков, что привело к вымыванию карбонатов и обогащению верхнего (подпочвенного) горизонта цеолитами (до 40% и более). Наряду с этим толща опоконидных пород сетью трещин



Рис. 3. Таш-Елгинское месторождение. Фрагмент конгломерата из терригенной толщи верхнеказанского подъяруса. Гальки скреплены первичным серозеленоватым карбонатно-глинистым цементом. Прожилковидные участки выполнены вторичным белым кальцитовым цементом кристаллизационного типа.

разбита на остроугольные средне- и крупнооскольчатые фрагменты (физическое выветривание).

#### 5. Гипергенез в фосфоритовых горизонтах

Физико-химическое воздействие гипергенеза на залежи желваковых фосфоритов происходит стадийно (Бушинский, 1937): 1. Отложение в прожилках и полостях глауконита и сидерита, выщелачивание кальцита, огипсование; 2. Разрыхление фосфоритов, частичное окисление глауконита и пирита, обогащение залежи фосфатом; 3. Полное окисление пирита и глауконита, частичный вынос фосфата, разрыхление и обохривание.

Все эти стадии наблюдаются на Сюдюковском и Вожжинском месторождениях фосфоритов позднеюрского возраста в Тетюшском районе, где рудная толща представлена чередованием глауконит-кварцевых песков и алевритов, содержащих желваки фосфорита, и фосфоритовых конгломератов. Главными минералами фосфоритовых руд (95 – 99% объема породы) являются фторкарбонатапатит, глауконит, кальцит; второстепенные минералы представлены кварцем, пиритом, гетитом, гипсом, мусковитом. Результаты изучения фосфоритов позволили сделать вывод о том, что наблюдаемое интенсивное окисление пирита и глауконита, окисная пленка на желваках и их «изъеденность», присутствие рыхлых продуктов окисления (ярозит, гипс), физическое измельчение, изменение облика глауконитовых зерен, разрыхление конгломератов не приводят к разубоживанию фосфатных руд. Основанием для подобного вывода является тот факт, что в продуктивной толще, представленной глауконито-кварцевым алевритом с желваками фосфоритов, обломками раковин, пиритом и гипсом, как собственно и сами желваки, содержат присущие им оксиды в среднестатистических количествах, характерных для данного объекта (Фосфориты Среднего Поволжья, 1969). В то же время процессы гипергенеза, такие как вымывание глинисто-карбонатного цемента, разрыхление и ослабление прочности фосфоритовых плит оказывают положительное влияние, облегчая добычу фосфоритов.

Проведенные исследования позволяют сформулировать ряд положений:

1. На территории РТ породы разного возраста (от пер-

ми до антропогена), в том числе используемые в качестве природного минерального сырья, испытывают воздействие процессов гипергенеза, с чем связано формирование продуктов выветривания (элювий, иллювий) и функционирования водоносных горизонтов. В зависимости от литологии субстрата, условий дренирования вод и фактора геологического времени продукты гипергенеза проявляют себя до глубин 10 – 20 м от поверхности, а по зонам тектонических нарушений (разломы, зоны повышенной трещиноватости, водоносные горизонты) и формам карста гораздо глубже;

2. Продукты выветривания разного возраста и типа сохраняются в условиях длительного ослабления процессов денудации элювия, что характерно для площадей, испытавших планацию (останцы миоценового пенеплена и позднеплиоценового педиплена);

3. Наименее устойчивы к выветриванию карбонатные породы верхней перми и верхнего мела. Конечным продуктом их преобразования является мучнистый или щебнисто-мучнистый элювий, обычно доломитовый, в разной степени алевроитово-глинистый или кремнистый. Иллювий представлен жилами оникса, селенита, зонами вторичной кальцитизации и окремнения. Конгломераты и песчаники при выветривании преобразуются в рыхлые пески и ПГМ;

4. Цеолитосодержащие кремнисто-карбонатные опоконидные породы верхнего мела, фосфориты юры и мела испытывают преимущественно физическое выветривание, воздействие которого облегчает проведение горных работ;

5. Циркуляция подземных вод в карбонатных толщах приводит к формированию маломощных горизонтов окремнения и вторичной кальцитизации, положение которых контролируется местными водоупорами. Локальный характер окремнения не оказывает влияния на свойства карбонатных пород;

6. Процессы выветривания, с одной стороны, формируют специфические виды полезных ископаемых – карбонатную муку, карбонатный щебень, мраморный ониск, селенит, ПГМ, однако отрицательно влияют на физико-механические свойства выветрелых пород, используемых в качестве бутового камня, дорожного щебня и наполнителя бетонов, что необходимо учитывать при проведении геологоразведочных и эксплуатационных работ;

7. Выявление залежей ПГМ, сформированных в результате выветривания пермских конгломератов и гравелитов, открывает новые перспективы обеспечения строительной индустрии высокопрочными наполнителями бетонов и, одновременно, имеет благоприятные экологические последствия, поскольку может способствовать снижению добычи ПГМ в руслах рек и, тем самым, ослабить испытываемые ими техногенные воздействия.

Уже первые полученные результаты дают основание полагать, что дальнейшие исследования процессов, продуктов и среды гипергенеза целесообразно развивать в союзе с геоморфологами, экологами, специалистами по четвертичной геологии, почвоведом. Комплексное изучение позволит выявить полифункциональное их влияние на среду обитания человека и несомненно будет полезным для рационального использования природных ресурсов.

## Литература

Баранова З.К., Волосова Р.И., Воронкевич Б.А. и др. Изменение пермских глин в зоне выветривания в связи с их инженерно-геологической оценкой. *Сов. геология*. 1959. № 5. 114-121.

Бушинский Г.И. Петрография и некоторые вопросы генезиса Егорьевских фосфоритов Московской области. *БМОИП*. т. XV (5). 1937.

Быков В.Н. Роль карбонатной муки в строении карбонатных нефтегазоносных толщ. *Мат-лы по гидрогеологии и карстологии*. Вып.6. Пермь. Изд-во ПГУ. 1975. 5-20.

Горелов С.К. Основные закономерности и этапы развития поверхности выравнивания и кор выветривания. *Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР*. М. Недра. 1974. 318-371.

Гудошников В.В. Кора выветривания мезозойских окремненных известняков западного склона Урала. *Геол. Наука – 99-я межведомств. научн. конф. Тез.докл.* Саратов. 1999.

Даровских Н.А., Кудряшов А.И. *Геология и поиски месторождений подделочного гипса*. Пермь: ГИУРО РАН. 2001.

Дедков А.П. Геоморфологические предпосылки и признаки. Методическое руководство по поискам, оценке и разведке месторождений твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан. Изд-во Казанского университета. 2000. 22-36.

Евсеева В.И. Перспективы гидрогеохимических поисков стронциевого оруденения в пределах юго-западного борта Московской синеклизы. *Геологический вестник центральных районов России*. М., 1999. № 4. 16-23.

*Изучение и картирование зон гипергенеза*. СПб.:Недра. 1995.

Кротов Б.П. К вопросу о татарском ярусе. Татарский ярус - кора выветривания. *Зап. Российск. минерал. о-ва*. 1931. Вып.1. 35-50.

Миропольский Л.М. О зоне и корях выветривания Татарии. *Изв. Каз. ФАН*. Казань. 1950. Вып.1. 47-55.

Ферсман А.Е. *Избранные труды*. ТЛИ. М., Изд. АН СССР. 1955.

Шишкин А.В., Васянов Г.П. Мраморный ониск – новый вид минерального сырья в Республике Татарстан. *Разведка и охрана недр*. 1996. № 2. 2-8.

Simon D.E., Elreell J.H., Sendlein L.V.A., Lemish G. Measurement of physical and chemical changes induced during weathering of a carbonate rock unit. *Proc. Iowa Acad. Sci.* 1969. Vol.76. Iowa. 1970.

Казань: Изд-во НПО «Репер», 2007. - 135 с.

## МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО по каротажу гидрогеологических скважин

Министерство экологии и природных  
ресурсов Республики Татарстан

В документе дана регламентация геофизических исследований скважин при производстве геологоразведочных работ на подземные воды. Рассмотрены общие положения, характеризующие цели и задачи ГИС. Приведены методика и техника осуществления геофизических измерений: каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации, каротаж сопротивлений, резистивиметрия, гамма-каротаж, кавернометрия, термометрия, расходомерия. Представлена методика контроля технического состояния скважин: определение искривления ствола, оценка качества обсадных труб и цементирования скважин, определение мест притока и затрубной циркуляции вод. Рекомендованы способы интерпретации материалов ГИС: определение литологического состава пород, корреляция разрезов, выделение коллекторов. Изложены требования, предъявляемые к методике и технике выполнения ГИС, оформлению и оценке качества получаемых материалов.

Для инженерно-технических и руководящих работников, занимающихся вопросами применения геофизических исследований скважин в гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии.

