

РАЗДЕЛ 5.
ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И
СТРАТИГРАФИЯ

УДК 556.332.46

**ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТЕРРИГЕННОЙ
ФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИКАМЬЯ)**

Гайнанов Ш. Х.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,
Российская Федерация
E-mail: gaynanov@inbox.ru*

В статье рассмотрены этапы изменения состояния пород в процессе гипергенеза, базовой причиной которого является тектоническая трещиноватость локальных структур, типичных и широко распространенных в пределах красноцветной формации Прикамья. Напряжения и деформации, возникающие в ходе формирования локальных структур обусловили целостность массивов, привели к нарушению строения пород и потере первоначальных прочностных характеристик. Следствием этих процессов явилось возникновение тектонической трещиноватости, во многом определившее дальнейший ход формирования пород формации и инженерно-геологических условий в целом.
Ключевые слова: гипергенез, инженерно-геологические свойства, напряжения и деформации горных пород.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение процессов гипергенеза имеет большое значение, поскольку позволяет получить представление о механизме формирования свойств пород, с которыми приходится иметь дело в момент их применения в качестве оснований проектируемых сооружений. Касательно этого вопроса относительно пород красноцветной терригенной формации необходимо обратить особое внимание на тектоническую трещиноватость локальных структур, широко представленных на территории распространения исследуемых формаций. Автором были исследованы ряд локальных структур Прикамья с построением карт трещиноватости и изучением прочностных характеристик на участках различной степени трещиноватости [4, 10]. Широкое распространение локальных структур в Прикамье обусловлено структурно тектоническими особенностями региона и историей его развития. Фрагмент региона исследований показан на рисунке (рис. 1).

Механизм формирования локальных структур осадочного чехла рассматривался многими исследователями [1, 2]. Связь механизма их формирования и закономерностей развития тектонической трещиноватости позднее изучалось целым рядом ученых [2, 3, 4, 5]. Вопрос влияния трещиноватости на свойства пород не нов и рассматривался многими учеными ранее [3, 6, 4, 9, 7, 8, 10] В частности В. Н. Катаевым была проведена оценка влияния напряжений при формировании

локальных структур на степень трещиноватости в гипс-ангидритовых толщах для карстологических целей. В таблице 1 проиллюстрированы результаты зависимости степени трещиноватости массива от напряжений, испытанных им.

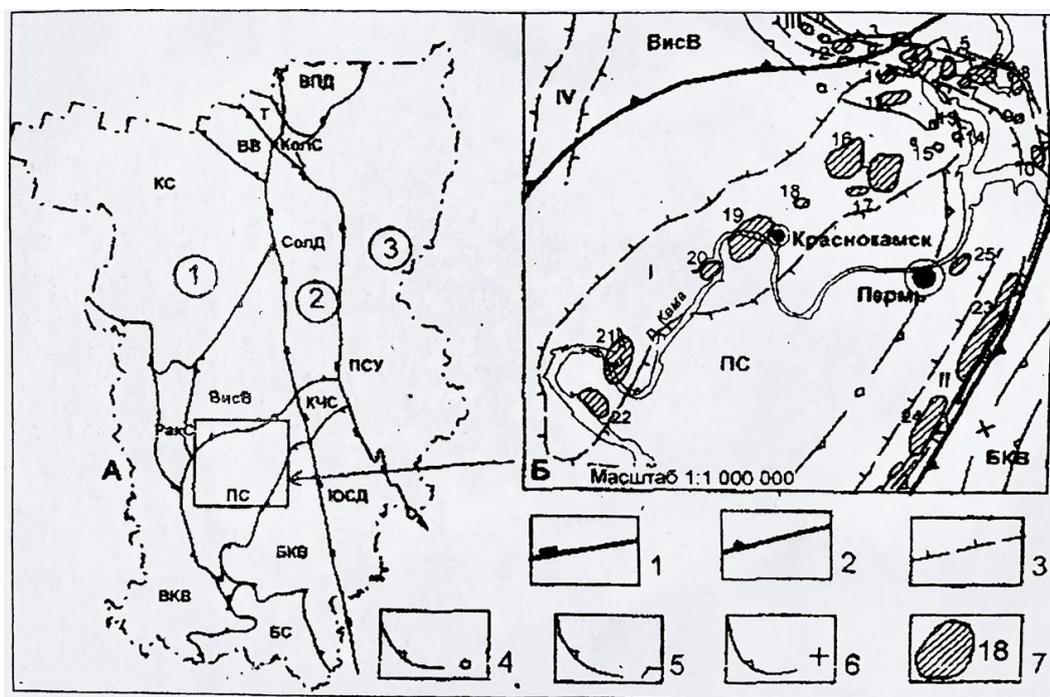


Рис. 1. Тектонические схемы масштаба 1:1 000 000. А – Пермского края (крупные структуры и тектонические зоны), Б — района исследования (мелкие (локальные) структуры), (по Р.О. Хачатрян, В.И. Громека, 1973 г.). Условные обозначения: 1 — границы тектонических зон; 2 — границы крупных тектонических структур; 3 — границы средних тектонических структур; 4 — границы внешней прибортовой зоны Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП); 5 — границы внутренней прибортовой зоны ККСП; 6 — границы осевой зоны ККСП; 7 — мелкие структуры и их номера.

Таблица 1.
Соотношение значений напряжений и трещиноватости (L_T) в гипс-ангидритах Полазненской локальной структуры ($Z=10$ м)

| Участки и зоны | Значения L_T ($m/10^4 m^2$) | Значения напряжений | | |
|---------------------|------------------------------------|---------------------|------------|------------|
| | | σ_1 | σ_2 | σ_3 |
| Слабораздробленные | 20–80 и менее | <10 | <30 | 1–2 |
| Среднераздробленные | 100–300 | 11–15 | 30–50 | 0,2–0,9 |
| Сильнораздробленные | 300–900 и более | 16–20 | 51–70 | 0 |

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для оценки роли трещиноватости и ее влияния на ход формирования инженерно-геологических свойств терригенных пород автором была использована ранее разработанная методика выявления зон повышенной трещиноватости в пределах локальных структур и проведен сравнительный анализ свойств пород в зонах различной степени трещиноватости [4, 10].

В данной работе рассматривается этапность изменения состояния пород с момента воздействия напряжений в массиве, подверженных нагрузкам в ходе развития локальных структур и далее при воздействии агентов выветривания в зонах повышенной трещиноватости.

При естественном залегании горные породы, находясь в термодинамическом равновесии с окружающей средой, могут фиксировать изменение геологической обстановки в кристаллической структуре составляющих их минералов, вариациях состава и текстуре. Расшифровка информации, закодированной в решетке минералов, в составе и структурно-текстурных особенностях пород, позволяют получить данные для реконструкции характера и механизма процессов, а также о формировании свойств пород [11]. При изучении микротекстурных особенностей породообразующих минералов большую помощь оказывают методы рентгеноструктурного анализа.

Известно, что при процессах, сопровождающих деформацию пород, появляются преимущественные кристаллографические ориентировки частиц породообразующих минералов, приводящие к существенной анизотропии физико-механических свойств. Оценка характера пространственного расположения частиц и агрегатов при различного рода деформациях и нагрузках должны дать дополнительные сведения о природе прочности пород.

Основной целью рентгеноструктурного анализа являлось исследование деформаций кристаллов и кристаллической решетки. В качестве критерия для дефекта кристалла может служить величина полуширины рефлекса В, мм. Она показывает величину области когерентности рассеивания и является более стабильной по сравнению с интенсивностью рассеивания. Ориентировка кристаллитов в монокристалле также определяет степень его сохранности. Чем ближе ориентировка кристаллитов к идеальной, тем меньше изменений испытал минерал. Для описания степени ориентировки служит коэффициент текстурированности, который определяется через угол дезориентации (альфа, $\frac{1}{2}$ град.). Чем меньше значение (альфа $\frac{1}{2}$), тем совершенней текстура кристалла [12].

Таким образом, результаты рентгеноструктурного анализа четко показывают реакцию пород, слагающих локальные структуры, на их напряженное состояние в процессе формирования, а также изменения на уровне кристаллической решетки (рисунок 2).

Рассматривая количество дефектов как отличительный признак измененности кристаллов, можно судить о влиянии процессов гипергенеза на состояние массива

(степени его раздробленности) и, следовательно, на физико-механические свойства пород. То есть можно говорить о подготовительной фазе к изменению прочностных свойств пород и неразрывной связи этих процессов и переходе к изменениям состояния пород *на мезоуровне*.

Результаты сравнительного анализа данных комплексного исследования в пределах локальных структур (Опалихинская и Ижевский источник) показывает зависимость изменения состояния пород, их свойств от степени трещиноватости массива, как следствия высоких напряжений и деформаций. В таблице 2 дана сводная информация данных по этим структурам, показывающая степень влияния трещиноватости на изменение состояния пород на начальном этапе *на микроуровне* (сохранность кристаллической решетки) и далее *на мезоуровне* (уровень физико-механических свойств).

Как видно из таблицы 2, показатели степени нарушенности кристаллической решетки кварца в породах (B и $\alpha/2$) являются четким индикатором реакции пород на те напряжения в массиве, которые он испытал в процессе формирования локальной структуры [2]. Максимальная нарушенность структуры кристаллов ($B=8-10$ мм, $\alpha/2=9-10^\circ$) наблюдается в зонах повышенной трещиноватости с показателями $L=3000-4000$ м/10⁴*м², а минимальные показатели ($B=3-5$ мм и $\alpha/2=2-5^\circ$).

Одновременно степень нарушенности кристаллической решетки коррелируется с прочностью пород, которая находится в обратной зависимости – чем интенсивней трещиноватость в массиве и больше нарушенность кристаллической решетки, тем ниже прочностные характеристики от 1,8 Мпа в зонах высокой трещиноватости до 12,5 Мпа в менее трещиноватых участках.

Такая же закономерность наблюдается в пределах Пермской локальной структуры (таблица 3). Здесь помимо изменения прочности пород (от 4,0 Мпа до 9,0 Мпа), меняется ряд физических свойств: пористость — от 27% до 17%, объемный вес- от 2,16 до 2,4 г/см³, показатель выветрелости — от 0,26 до 0,13. Все эти данные, кроме прочего указывают на интенсивность процессов гипергенеза в зонах повышенной тектонической трещиноватости.

Гидрогеологические показатели также чутко реагируют на нарушенность целостности массива. Особенно характерны величина коэффициента фильтрации, который колеблется от 0,27 м/сут в целиковых участках массива, до 9,74 м/сут в зонах высокой трещиноватости. Такая же закономерность видна и в данных по дебиту в скважинах, расположенных в условиях различной степени нарушенности массива тектонической трещиноватостью. От 0,17 л-сек/м³ сут до 0,67 л-сек/м³ сут.

В таблице 6 даны сравнительные показатели в пределах Исаевской структуры и за ее границами. Поскольку образцы пород на Исаевской структуре отбирались из скважин без выделения участков трещиноватости, то можно обратить внимание на относительно небольшое отличие в свойствах пород. Однако, тенденция наблюдается и в этом случае. Она показывает на нарушенность массива целиком как в зонах трещиноватости, так и за их пределами, хотя и не в такой степени. То есть, процесс формирования локальной структуры отразился на всем массиве.

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИКАМЬЯ)

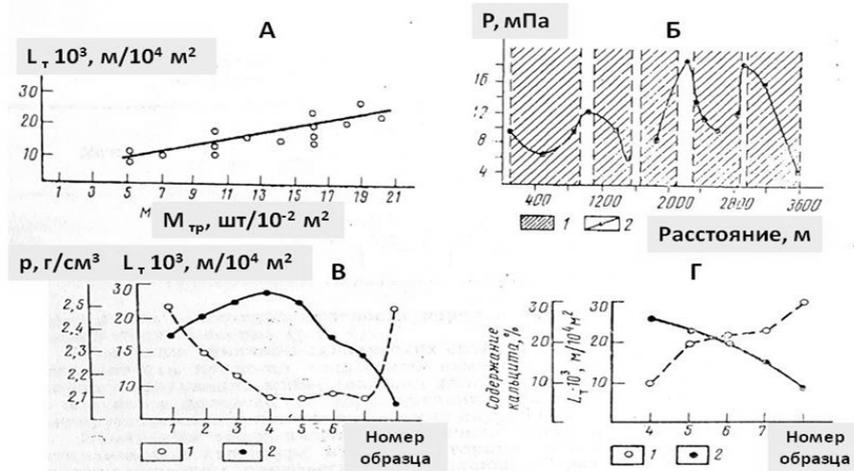


Рис. 2. А – связь между показателем интенсивности трещиноватости массива L_T и модулем трещиноватости $M_{тр}$; Б — изменение прочности на одноосное сжатие аргиллитоподобных глин в зонах повышенной трещиноватости в пределах Опалихинской локальной структуры вдоль развернутой линии обнажения: 1 — зоны повышенной трещиноватости ($L_T \geq 15000$ м/10⁴ м²), 2 — кривая изменения прочности на одноосное сжатие; В — изменение плотности аргиллитоподобных глин в зависимости от степени трещиноватости: 1 — значения плотности ρ , 2 — значения интенсивности трещиноватости L_T ; Г — изменение содержания кальцита в цементе аргиллитоподобных глин по данным петрографического анализа: 1 — значения содержания кальцита, 2 — значения интенсивности трещиноватости.

Таблица 2.

Сводная таблица результатов исследований

| | Породы | Минералогический состав (%) | | | | Степень нарушения кристаллической решетки кварца | | Прочность на одноосное сжатие | Трещиноватость (L) |
|---|----------|-----------------------------|--------------|---------|--------|--|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | Кварц | Полевой шпат | Кальцит | Хлорит | B, мм | $\alpha/2, ^\circ$ | | |
| 1 | Песчаник | 72 | 10 | 6 | 12 | 10 | 10 | 2,2 | 4000 |
| 2 | Песчаник | 87 | 10 | - | 3 | 10 | 10 | 2 | 4000 |
| 3 | Песчаник | 69 | 20 | 5 | 6 | 9,5 | 8 | 1,8 | 4000 |
| 4 | Аргиллит | 55 | 30 | - | 12 | 9 | 8 | 2,8 | 3500 |
| 5 | Аргиллит | 46 | 30 | 17 | 7 | 9,5 | 5 | 3,2 | 3500 |
| 6 | Аргиллит | 53 | 27 | 10 | 10 | 9 | 10 | 2,6 | 3500 |

| | Породы | Минералогический состав (%) | | | | Степень нарушения кристаллической решетки кварца | | Прочность на одноосное сжатие | Трещиноватость (L) |
|----|----------|-----------------------------|--------------|---------|--------|--|----------------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | Кварц | Полевой шпат | Кальцит | Хлорит | B, мм | $\alpha/2, \text{ }^\circ$ | | |
| 7 | Песчаник | 78 | 20 | 5 | 7 | 8 | 9 | 3,5 | 3500 |
| 8 | Аргиллит | 70 | 25 | 1 | 3 | 8,5 | 8 | 3 | 3000 |
| 9 | Песчаник | 80 | 16 | - | 4 | 5,5 | 6 | 5,6 | 2000 |
| 10 | Песчаник | 67 | 22 | 6 | 6 | 6 | 5 | 7,2 | 2000 |
| 11 | Аргиллит | 70 | 15 | 12 | 3 | 6 | 6 | 4,5 | 2000 |
| 12 | Песчаник | 65 | 18 | 10 | 12 | 4,5 | 4 | 8 | 1500 |
| 13 | Песчаник | 63 | 8 | 28 | 1 | 5 | 4 | 11,8 | 1500 |
| 14 | Песчаник | 80 | 18 | 1 | 1 | 5 | 3 | 12,5 | 1500 |
| 15 | Аргиллит | 52 | 16 | 15 | 10 | 5 | 5 | 6 | 1500 |
| 16 | Песчаник | 82 | 10 | - | 1 | 4 | 3 | 11,5 | 1000 |
| 17 | Аргиллит | 64 | 18 | 8 | 10 | 4,5 | 4 | 8 | 1000 |
| 18 | Аргиллит | 39 | 16 | - | 3 | 5 | 3 | 9 | 1000 |
| 19 | Аргиллит | 65 | 15 | 5 | 5 | 4 | 4 | 2,5 | 500 |
| 20 | Песчаник | 75 | 18 | - | 6 | 3,5 | 2 | 10 | 500 |
| 21 | Аргиллит | 58 | 25 | 7 | 10 | 3 | 3 | 8,2 | 500 |

Изменение физико-механических свойств пород в зонах повышенной трещиноватости подтверждается также в пределах Пермской, Опалихинской, Ижевский источник, Романихинская, а также при сравнении свойств пород в пределах и за границей Исаевской структуры. Эти выводы иллюстрируются таблицами с характеристиками пород (таблицы 3–6).

Таблица 3.

Физико-механические свойства песчаников в зонах с различным показателем интенсивности тектонической трещиноватости в пределах Пермской структуры

| Влажность, % | Коэффициент пористости, д.е. | Пористость, % | Показатель выветрелости, д.е. | Объемный вес, г/см ³ | Сопротивление одноосному сжатию, Мпа |
|---|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Зона с низким показателем интенсивности тектонической трещиноватости | | | | | |
| <u>0,010–0,127</u> 0,041 | <u>0,115–0,342</u> 0,233 | <u>10,29–25,46</u> 17,67 | <u>0,08–0,19</u> 0,13 | <u>2,24–2,51</u> 2,39 | <u>6,5–9,6 – 8,7–9,6</u> 7,7–9,0 |
| Зона с высоким показателем интенсивности тектонической трещиноватости | | | | | |
| <u>0,090–0,195</u> 0,139 | <u>0,236–0,549</u> 0,409 | <u>19,12–37,31</u> 27,78 | <u>0,18–0,33</u> 0,26 | <u>2,01–2,33</u> 2,16 | <u>3,8–4,5 – 5,4–6,9</u> 4,4–5,4 |

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИКАМЬЯ)

Таблица 4.

Результаты откачек из скважин, находящихся в зонах с различным показателем интенсивности тектонической трещиноватости в пределах Пермской структуры

| № скважины | Мощность водоносного горизонта, м | Дебит, л-сек/м ³ сут | Коэффициент фильтрации, м/сут | Удельный дебит, л/сек | Коэффициент пьезопроводности, м ² /сут |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---|
| скв-43 | 46,2 | 3,33/287,00 | 7,20 | 1,75 | 1,68 10 |
| скв-58 | - | - | 0,08 | - | - |
| скв-60 | 18,0 | 2,17/167,5 | 2,62 | 0,39 | 7,2 10 |
| скв-72 | 48,3 | 1,56/134,8 | 0,30 | 0,04 | 7,2 10 |
| скв-73 | 18,3 | 0,42/36,28 | 0,31 | 0,04 | 7,2 10 |
| скв-75 | - | - | 28,62 | - | - |
| скв-80 | 14,5 | 0,05/4,15 | 0,02 | 0,03 | 7,3 10 |
| среднее | | 0,676/58,40 | 9,74 | 0,03 | 6,11 10 |

Таблица 5.

Результаты откачек из скважин, находящихся в зоне с низким показателем интенсивности тектонической трещиноватости в пределах Пермской структуры

| № скважины | Мощность водоносного горизонта, м | Дебит, л-сек/м ³ сут | Коэффициент фильтрации, м/сут | Удельный дебит, л/сек | Коэффициент пьезопроводности, м ² /сут |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---|
| скв-64 | 8,7 | 0,07/5,4 | 0,04 | 0,044 | 7,2 10 |
| скв-68 | 2,8 | 0,41/36,4 | 0,04 | 0,890 | 3,7 10 |
| скв-87 | 16,1 | 0,04/3,11 | 0,015 | 0,025 | 7,2 10 |
| среднее | - | 0,17/14,97 | 0,27 | 0,312 | 5,5 10 |

Таблица 6.

Физические свойства грунтов в районе Исаевской структуры

| Природная влажность, % | Плотность грунта, г/см ³ | Плотность частиц грунта, г/см ³ | Пористость, % | Коэффициент пористости, д.е. | Наименование грунта |
|----------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|---------------------|
| В пределах Исаевской структуры | | | | | |
| <u>8,82–39,03</u> 19,58 | <u>2,00–2,95</u> 2,23 | <u>2,63–2,89</u> 2,78 | <u>13,92–26,18</u> 21,36 | <u>0,16–0,38</u> 0,27 | Аргиллит |
| <u>4,73–80,00</u> 27,63 | <u>2,02–2,61</u> 2,21 | <u>2,65–2,94</u> 2,8 | <u>3,99–26,19</u> 18,02 | <u>0,04–0,35</u> 0,22 | Песчаник |
| За пределами Исаевской структуры | | | | | |
| <u>5,87–27,62</u> 13,55 | <u>2,05–2,36</u> 2,26 | <u>2,63–2,86</u> 2,76 | <u>10,65–25,80</u> 17,01 | <u>0,12–0,34</u> 0,21 | Аргиллит |
| <u>8,19–18,83</u> 35,60 | <u>2,00–2,34</u> 2,17 | <u>2,63–2,74</u> 2,70 | <u>10,54–24,44</u> 18,53 | <u>0,12–0,32</u> 0,23 | Песчаник |

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют оценить степень влияния условий формирования пород красноцветной терригенной формации восточной окраины Русской платформы, обусловленных спецификой тектогенеза и приведшей к широкому развитию на исследуемой территории локальных тектонических структур. Следствием этих процессов стало образование тектонической трещиноватости, ставшая причиной активизации процессов гипергенеза. При этом наблюдается этапность в изменении состояния пород с момента зарождения локальных структур, когда массив начинает испытывать напряжения и это отражается на сохранности кристаллической решетки, что ведет к нарушению жестких связей и понижению прочностных характеристик. По сути, это подготовительный этап для дальнейшего разрушения пород и активизации в последующем экзогенных процессов на участках повышенной трещиноватости в массивах.

Список литературы

1. Белоусов В. В. Основы геотектоники, М.: Недра, 1975, 264 с.
2. Розанов Л. Н. Основные закономерности морфологии и причины образования тектонических структур. В сб.: «Материалы по тектонике Нижнего Поволжья». Гостоптехиздат., 1962.
3. Катаев В. Н. Теория и методология структурно-тектонического анализа в карстоведении. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 1999.
4. Гайнанов Ш. Х., Катаев В. В. Выявление зон трещиноватости в пределах локальных структур, сложенных терригенными красноцветными породами // Инженерная геология. 1988. № 6. С. 92–97.
5. Dittich E. Beobachtungen über den Klufkörper // Bergakademie. 22. 1970. № 3. P. 151–160.
6. Моношко А. М. О влиянии тектонических факторов на формирование инженерно-геологических свойств глинистых пород. Инженерная геология. 1979. № 3. С. 55–64.
7. Голодковская Г. А., Красилова Н. С., Ладугин В. М., Шаумян Л. В. Факторы, определяющие прочность скальных пород. Генетические основы инженерно-геологических исследований пород. Труды междунар. конф. Москва, 1975. с. 222–234.
8. Gainanov Sh., Reuter F. Der Einfluss der tektonischen Beanspruchung von Gestein und Gebirge auf die Entwicklung ihrer physikalisch-mechanischen Eigenschaften – ausgewählte Beispiele // Neue Bergbautechnik. 1983. № 12. С. 681–684.
9. Дробинина Е. В., Катаев В. Н., Ковалева Т. Г., Корякина А. В. Анализ локальной изменчивости физико-механических свойств покровной толщи как метод оценки карстоопасности (на примере с. Усть-Кишерть) // Вестник Пермского Университета. Геология. 2017. № 3. С. 242–255.
10. Гайнанов Ш. Х. Влияние тектонических напряжений в массивах пород на изменение их строения и свойств // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2021. №3. С. 71–78.
11. Пономарев В. В. Рентгеноструктурные методы исследований в инженерной геологии. М.: Недра, 1981. 194 с.
12. Русаков А. А. Рентгенография металла. Москва: Атомиздат, 1977. 480 с.

**INFLUENCE OF HYPERGENESIS ON THE FORMATION OF ENGINEERING
AND GEOLOGICAL PROPERTIES OF ROCKS OF THE RED-COLOR
TERRIGENIC FORMATION (BY THE EXAMPLE OF PRIKAMIE)**

Gaynanov Sh. H.

*Perm State University, Perm, Russia
E-mail: gaynanov@inbox.ru*

The article discusses the stages of changes in the state of rocks in the process of hypergenesis, the basic cause of which is the tectonic fracturing of local structures, typical and widespread within the red-colored formation of the Kama region. Stresses and strains arising during the formation of local structures determined the integrity of the massifs, led to a violation of the structure of the rocks and the loss of the original strength characteristics. The consequence of these processes was the emergence of tectonic fracturing, which largely determined the further course of the formation of formation rocks and engineering-geological conditions in general.

The paper uses the author's materials obtained in the study of a number of local structures of the Kama region. In the course of these works, zones of increased fracturing were previously identified within local structures. At the same time, the technique for determining these zones was used, followed by the construction of maps of the fracturing of massifs, reflected earlier in the author's works. At the same time, rock samples were taken from areas of varying degrees of fracturing to compare strength characteristics in different zones. In addition to standard methods, methods of X-ray diffraction analysis were used to assess the degree of change in the state of the crystal lattice of the main rock-forming minerals.

Extensive factual research material has shown the activation of hypergenesis processes in zones of high tectonic fracturing, which leads to a significant change in the state of rocks and is reflected in their physical and mechanical properties. At the same time, the results of the studies show the dynamics of changes in the state of rocks from the beginning of the activation of hypergenesis in case of discontinuity of the massif at the time of the development of local structures and the subsequent influence of weathering agents.

Keywords: hypergenesis, engineering-geological properties, stresses and deformations of rocks.

References

1. Belousov V. V. *Osnovy geotektoniki*, M.: Nedra, 1975, 264 p. (in Russian).
2. Rozanov L. N. *Osnovnye zakonomernosti morfologii i prichiny obrazovaniya tektonicheskikh struktur*. V sb.:» *Materialy po tektonike Nizhnego Povolzh'ya*». Gostoptehizdat, 1962. (in Russian).
3. Kataev V. N. *Teorija i metodologija strukturno-tektonicheskogo analiza v karstovedenii*. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk. Perm', 1999. (in Russian).
4. Gaynanov Sh. H., Kataev V. V. *Vyjavlenie zon treshhinovosti v predelakh lokal'nyh struktur, slozhennyh terrigennymi krasnocvetnymi porodami* // *Inzhenernaja geologija*. 1988. № 6. P. 92–97. (in Russian).

5. Dittrich E. Beobachtungen uber den Klufkörper // Bergakademie. 22. 1970. № 3. P. 151–160.
6. Monjushko A. M. O vlijanii tektonicheskikh faktorov na formirovanie inzhenerno-geologicheskikh svojstv glinistyh porod. Inzhenernaja geologija. 1979. № 3. P. 55–64. (in Russian).
7. Golodkovskaja G. A., Krasilova N. S., Ladugin V. M., Shaumjan L. V. Faktory, opredelajushhie prochnost' skal'nyh porod. Geneticheskie osnovy inzhenerno-geologicheskikh issledovanij porod. Trudy mezhdunar. konf. Moskva, 1975. P. 222–234. (in Russian).
8. Gainanov Sh., Reuter F. Der Einfluss der tektonischen Beanspruchung von Gestein und Gebirge auf die Entwicklung ihrer physikalisch-mechanischen Eigenschaften – ausgewählte Beispiele // Neue Bergbautechnik. 1983. № 12. P. 681–684.
9. Drobinina E. V., Kataev V. N., Kovaleva T. G., Korjakina A. V. Analiz lokal'noj izmenchivosti fiziko-mechanicheskikh svojstv pokrovnoj tolshhi kak metod ocenki karstoopasnosti (na primere s. Ust'-Kishert') // Vestnik Permskogo Universiteta. Geologija. 2017. № 3. P. 242–255. (in Russian).
10. Gajnanov Sh. H Vlijanie tektonicheskikh naprjazhenij v massivah porod na izmenenie ih stroenija i svojstv // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. 2021. №3. P. 71–78. (in Russian).
11. Ponomarev V. V. Rentgenostrukturnye metody issledovanij v inzhenernoj geologii. Moskva: Nedra, 1981. 194 p. (in Russian).
12. Rusakov A. A. Rentgenografija metalla. Moskva: Atomizdat, 1977. 480 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 27.01.2022 г.