

УДК 552.08 : 53 + 551.231

*Н. П. Романовский, В. Г. Гурович, А. Э. Даммер, А. С. Каретников,
М. И. Копылов, М. Ю. Носырев, А. Н. Сокарев*

ПЛОТНОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫВЕТРЕЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Рассматриваются изменения физических свойств пород, главным образом плотности, коррелирующиеся со степенью гипергенной проработки геологических образований (зональностью кор выветривания). Установлено, что в пределах Дальнего Востока СССР наи-

Информация о физических свойствах геологических образований многих регионов СССР огромна по объему и многопланова по содержанию. Результаты систематизации данных о плотности 600 тыс. образцов пород Дальнего Востока показали значительную дифференциацию как пород, так и слагаемых ими комплексов, что обусловлено чрезвычайным многообразием состава, структурно-текстурными особенностями, условиями образования пород, а также их последующими изменениями [17]. Последнее особенно важно, так как основные объемы петрофизической информации обычно получают при изучении образцов, отобранных в приповерхностных условиях (канавы, шурфы, обнажения и т. п.). При объемных геолого-геофизических построениях дифференцированные оценки физических свойств невыветрелых и в различной степени измененных гипергенными процессами перед крайне необходимы, так как сейчас эти вопросы дебатировались все более широко и неоднозначно [8, 10—12, 14, 15 и др.].

В общем случае можно полагать, что различия между неизменными (невыветрелыми) и в различной степени измененными (выветрелыми) породами могут достигать: в плотности и пористости 10—15 %, в упругих, тепловых и электрических характеристиках 50—100 %, в магнитных свойствах 25—50 % от абсолютных значений соответствующих параметров [16]. Однако петрофизические характеристики гипергенно измененных пород в каждом районе строго индивидуальны, что связано с различиями в формировании и строении кор выветривания: их зональностью, мощностью каждой из зон, характером и степенью

более развиты монолитно-скрытотрециноватая и глыбовая зоны кор выветривания. Образцы, отобранные из этих зон, обеспечивают высокую достоверность петрофизической информации и могут являться основой глубинных геолого-геофизических построений.

минеральных преобразований [2, 4, 6—9, 11, 13, 15, 18 и др.]. Основные представления о зональности кор выветривания и общих тенденциях изменения физических свойств пород при увеличении степени их выветривания отражены в табл. 1.

Анализ параметров, который мог бы характеризовать степень влияния гипергенных процессов на физические свойства пород в связи с зональностью кор выветривания, выполненный на примерах многих регионов СССР и ряда зарубежных стран, показал, что наиболее представительной оказалась петроплотностная характеристика. Изменения средних значений плотности от неизмененных (невыветрелых) пород к породам более высоких стадий выветривания определяются следующими показателями (табл. 2).

При переходе от неизмененных коренных пород к породам зоны I все изучавшиеся образования: осадочные (глины, алевролиты, песчаники, мергели, известняки), метаморфические (гнейсы, роговики, железистые кварциты, кварцево-сланцевые сланцы), вулканогенные (базальты, диабазы, фельзиты, кварцевые порфиры, порфириты, андезитодациты), гранитоиды и магматиты базит-ультрабазитового состава (габброиды, долериты) — теряют в плотности не более 0,03—0,05 г/см³, а изменения плотности во многих случаях вообще не устанавливаются.

При переходе из зоны I в зону II:

осадочные породы уменьшают свою плотность в 80 % случаев на 0,02—0,03 г/см³, в 20 % случаев на 0,15—0,3 г/см³;

для метаморфических пород в 60 % случаев изменения плотности минимальны или не уста-

Общие тенденции изменения физических характеристик геологических образований в связи с зональностью кор выветривания [1, 5, 13, 18]

Зоны кор выветривания	Индекс зоны	Характер и степень измененности пород	Характеристики выветрелых пород по отношению к неизменным породам	
			Физико-механические	Петрофизические
Монолитная или скрытотрещиноватая Глыбовая	I	Видимые глазом признаки дробления отсутствуют. Начало микротрещиноватости. Химическое выветривание не проявлено	Незначительно уменьшается сопротивление сдвигу и сжатию	Не различаются
	II	Дробление на блоки более 1 м, реже обломки более 10 см. Физико-химическое выветривание вдоль трещин, химико-минеральный состав в целом отвечает монолитной зоне	Прочностные характеристики могут значительно изменяться	Изменения, как правило, незначительные
Щебнистая или мелкообломочная	III	Различной величины обломки в песчано-глинистых массах. Физико-химическое выветривание главным образом объемное. Большое количество вторичных минералов	Резкие различия	В большинстве случаев различия существенные
Тонкого или мелкого дробления	IV	Практически полная дезинтеграция. Физико-химическое выветривание полностью объемное. Сочетание вторичных минералов с тонко раздробленными первичными минералами	Весьма резкие различия	Во всех случаях резкие различия

навливаются, в остальных случаях не превышают $0,1-0,15 \text{ г/см}^3$;

вулканогенные породы в 50 % случаев разуплотняются менее чем на $0,05 \text{ г/см}^3$, в остальных случаях — на $0,1-0,3 \text{ г/см}^3$;

гранитоиды во всех случаях не изменяют плотность более чем на $0,05 \text{ г/см}^3$;

базиты и ультрабазиты в 60 % случаев уменьшают плотность на $0,04 \text{ г/см}^3$, в остальных случаях — от $0,14$ до $0,38 \text{ г/см}^3$.

При переходе из зоны II в зону III:

осадочные породы в 80 % случаев разуплотняются не более чем на $0,06 \text{ г/см}^3$, в 20 % случаев — на $0,2-0,3 \text{ г/см}^3$;

метаморфические породы в 70 % случаев разуплотняются не более чем на $0,06 \text{ г/см}^3$, в 30 % случаев — до $0,2 \text{ г/см}^3$;

вулканогенные породы в половине случаев плотность практически не изменяют, в остальных случаях уменьшают на $0,3 \text{ г/см}^3$;

гранитоиды в 40 % случаев уменьшают плотность не более чем на $0,05 \text{ г/см}^3$, в 60 % случаев — на $0,14-0,44 \text{ г/см}^3$;

для базитов — ультрабазитов лишь в 20 % случаев уменьшение плотности незначительно или не устанавливается, в 80 % — уменьшение составляет $0,17-0,51 \text{ г/см}^3$.

При переходе из зоны III в зону IV уменьшение плотности у всех пород максимально: осадочные породы в 70 % случаев разуплотняются не более чем на $0,06 \text{ г/см}^3$, в 30 % случаев — на $0,11-0,27 \text{ г/см}^3$;

вулканогенные породы понижают плотность в среднем на $0,17 \text{ г/см}^3$, в том числе в 70 % случаев на $0,25 \text{ г/см}^3$;

гранитоиды лишь в 25 % теряют в плотности не более $0,05 \text{ г/см}^3$, в 75 % случаев — $0,2-0,8 \text{ г/см}^3$;

базиты и ультрабазиты снижают плотность в 25 % случаев менее чем на $0,05 \text{ г/см}^3$, в 75 % случаев уменьшение составляет $0,17-0,56 \text{ г/см}^3$.

Таким образом, если за пороговую оценку устойчивости разных типов пород к воздействию процессов выветривания принять в плотности величину менее $0,06 \text{ г/см}^3$ (менее 2 % абсолютного значения параметра), то невыветрелые монолитные породы, переходящие в скрытотрещиноватую (монолитную) зону коры выветривания, во всех случаях сохраняют достаточную представительность петроплотностной характеристики (табл. 3). В условиях глыбовой зоны сохраняют наиболее высокую устойчивость (в 80—100 % случаев) к выветриванию гранитоиды и осадочные образования; при переходе в зону мелкообломочную — лишь породы осадочные. Легче всего поддаются выветриванию, приводящему к существенным изменениям плотности, вулканогенные образования и интрузивные породы базитового состава. В условиях зоны тонкого дробления плотностная характеристика всех типов пород неустойчива.

Выполненные исследования показали, что в гипергенных условиях наиболее значительно разуплотняются геологические образования глубоко пенепленизированных районов, а также тропических областей с широко развитыми корами выветривания полного профиля. Для большинства районов Дальнего Востока с их умеренно холодным, чаще сухим климатом указанные особенности нехарактерны. Специальные региональные работы свидетельствуют, что при отборе каменного материала достаточная его представительность может быть достигнута заранее, еще до измерений, при соблюдении следующих условий [10—12, 17]:

Таблица 2

Окончание табл. 2

Зональность кор выветривания и плотность горных пород

Породы (район исследования)	Плотность неизмененных пород, г/см ³	Средние значения плотности пород в зонах кор выветривания, г/см ³			
		I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6
1. Алевролиты (г. Братск)	2,32	2,27	2,26	2,04	1,93
2. Алевролиты (г. Чита)	2,01	1,97	1,91	1,88	1,72
3. То же	2,14	2,09	2,11	2,05	2,04
4. Долериты (Якутия)	2,92	2,88	2,74	2,23	1,67
5. То же	2,92	2,87	2,49	2,20	1,83
6. Кварцевые диориты (Грузия)	—	—	2,62	2,56	2,67
7. Гранитоиды (Грузия)	—	2,72	2,72	2,72	—
8. Гранитоиды (Урал)	—	—	2,73	2,67	—
9. То же	—	—	2,73	—	2,62
10. То же	—	—	2,82	—	2,80
11. Базальты (Болгария)	—	3,16	3,10	3,07	—
12. Диабазы (там же)	—	2,86	2,75	2,82	—
13. Габбро (там же)	—	2,86	2,88	2,86	—
14. Дуниты (Гвинея)	—	3,24	3,20	2,74	2,72
15. Глины (Кавказ)	—	2,70	2,70	2,66	2,60
16. Алевролиты (р. Ангара)	—	2,77	2,77	2,75	2,73
17. Мергели (Абхазия)	—	2,70	2,70	2,73	2,68
18. Известняки (Кавказ)	—	2,75	2,74	2,76	—
19. Известняки (Сибирь)	—	2,90	2,75	—	2,63
20. Гнейсы (Болгария)	—	2,75	2,88	2,82	—
21. Роговики (Урал)	—	2,95	2,85	3,08	—
22. Железистые кварциты (Казхстан)	3,35	3,32	—	—	—
23. Кварц-хлоритовые сланцы (там же)	—	2,89	2,74	2,53	—
24. Песчаники (там же)	—	2,69	2,37	2,10	1,83
25. Кварцевые порфиры (там же)	—	2,56	2,42	2,14	1,91
26. Фельзиты (там же)	—	2,70	2,45	2,15	1,95
27. Габброиды (там же)	—	2,76	2,43	—	2,09
28. Порфириты (там же)	—	2,78	2,49	2,19	2,11
29. Гранитоиды (Приазовье)	—	—	2,55	2,19	1,39
30. То же	—	—	2,50	2,06	1,56
31. То же	—	—	2,70	2,34	1,78
32. То же	—	—	2,36	2,20	1,63
33. То же	—	—	2,40	2,22	1,70
34. То же	—	—	2,44	2,28	1,80
35. То же	—	—	2,50	2,33	1,83

1	2	3	4	5	6
36. Граниты (Ленинградская область)	—	2,59	2,53	2,43	2,39
37. Гнейсы (там же)	—	2,67	2,59	2,48	2,39
38. Граниты (Приамурье)	—	2,57	2,48	—	2,00
39. Базальты (там же)	2,60	—	—	—	1,40
40. Гранитоиды (там же)	2,58	2,55	—	—	—
41. Габброиды (там же)	2,82	2,76	—	—	—
42. Граниты (Дусе-Алинь)	—	2,55	2,49	—	—
43. Гранодиориты (Хабаровск)	—	2,68	2,67	—	—
44. Гранодиориты (Сихотэ-Алинь)	—	—	2,74	2,70	—
45. Габбро-диориты (там же)	—	2,92	2,75	—	—
46. Андезитодациты (г. Биробиджан)	2,69	2,64	2,64	—	—
47. Андезитобазальты (Приамурье)	2,40	2,38	2,20	—	—
48. Базальты (Сихотэ-Алинь)	2,72	2,70	2,45	—	—

Примечание. Источники информации: 1—3 [6], 4, 5 [4], 6—21 [18], 22, 23 [15], 24—28 [7], 29—35 [8], 36, 37 [3], 38, 39 [13], 40, 41 [11], 42—48 (материалы А. Э. Даммера). Цифровая индексация зон в корях выветривания соответствует табл. 1.

породы, слабо затронутые процессами выветривания, когда образцы могут быть отобраны и исследованы в виде устойчивых монолитов с небольшой — в первые миллиметры — корочкой заметных поверхностных изменений, не должны отличаться или будут незначительно отличаться от своих невыветрелых аналогов по большинству физических характеристик;

породы, измененные до стадии интенсивной дезинтеграции и (или) химического разложения любой степени, не могут выступать в качестве представительного петрофизического материала в связи со значительными изменениями большинства своих физических характеристик. Рассмотрим некоторые примеры из практики петрофизических исследований на Дальнем Востоке.

Систематизация многих сотен тысяч первичных данных позволила прийти к следующим выводам [10]. Около трети используемых определений плотности соответствует плотности неизмененных пород или отличается от нее на 0,01—0,02 г/см³, что находится в пределах точности измерений. Остальные две трети образцов характеризуются следующей, наиболее вероятной величиной разуплотнения в зоне гипергенеза: гранитоиды — 0,03—0,04 г/см³ (1—1,5 % абсолютных значений параметра), бази-

Т а б л и ц а 3

Степень устойчивости плотностной характеристики горных пород в разных зонах выветривания

Типы пород	Процент минимальных изменений средней плотности при увеличении степени выветривания			
	Зона невыветрелых пород — зона I	Зона I — зона II	Зона II — зона III	Зона III — зона IV
Осадочные (глины, алевролиты, песчаники, мергели, известняки)	100 %	80 %	80 %	70 %
Метаморфические (гнейсы, роговики, железистые кварциты, кварцево-сланцевые сланцы)	100 %	60 %	50 %	Нет данных
Вулканогенные (базальты, андезитобазальты, диабазы, фельзиты, порфириты, андезитодациты)	100 %	50 %	50 %	0 %
Гранитоиды (граниты, гранодиориты, кварцевые диориты)	100 %	100 %	40 %	25 %
Базиты и ультрабазиты (габбро, долериты, дуниты)	100 %	60 %	20 %	25 %

ты — 0,03—0,08 г/см³ (1—3 %), вулканыты — 0,03—0,10 г/см³ (1—4 %), осадочные и метаморфические породы 0,03—0,20 г/см³ (1—8 %). Однако не более чем в 10—15 % случаев использование рядовых измерений плотности гипергенно измененных пород может существенно (на 0,05 г/см³ и более) повлиять на точность геолого-геофизических построений. Изменения магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности для разных типов пород оказались различными, но достаточно надежно этот вопрос проработан только для интрузивных образований. Не более 15—20 % результатов первичных измерений могут быть существенно (более чем в два раза) заниженными. Есть основания полагать, что близким по отношению к интрузивным породам трендом магнитных характеристик в зоне гипергенеза обладают метаморфические образования. Таким образом, естественно (по образцам-монологам) осуществляемая полевая дифференциация в природных условиях Дальнего Востока обеспечивает отбор достаточно представительного каменного материала главным образом из монолитно-скрытотрещиноватой (естественные обнажения, горные выработки и скважины) и глыбовой (элювий, делювий) зон коры выветривания.

На площади Каменушинской вулканотектонической структуры по керну 15 скважин изучен разрез верхнемеловых гидротермально не переработанных липарит-дацитов, обладающих плотностью 2,4—2,6 г/см³. Образцы отбирались до глубин порядка 100 м. В двух третях скважин плотность от поверхности до конечной

глубины практически не изменялась или увеличивалась не более чем на 0,03—0,06 г/см³. В остальной трети скважин плотность однопородных пород возрастала значительно: изменение на 0,12—0,15 г/см³ проходило по экспоненциальному закону и прекращалось на глубинах 30—60 м. Величина изменения плотности прямо коррелировалась с увеличением степени дробности (гипергенной дезинтеграции) породного материала.

В Кавалеровском рудном районе сопоставлялись физические свойства более 7 тыс. образцов песчаников и алевролитов юрско-раннемелового возраста, большая часть которых характеризует условия поверхности, а меньшая — условия глубин от поверхности до первых сотен метров. Поскольку скважины проходились на рудных полях месторождений, отличительной особенностью пород являлись их сульфидизация глубже зоны окисления и лимонитизация в близповерхностных условиях. Уменьшение средних значений физических характеристик в направлении от неизмененных выветриванием пород к породам коры выветривания было значительным:

плотности на 0,11—0,13 г/см³,

магнитной восприимчивости в 2,5—20 раз, естественной остаточной намагниченности в 10—20 раз,

удельного электрического сопротивления в 1,5—2,5 раза,

поляризуемости в 1,5—2 раза.

Как показали дальнейшие исследования, основной причиной столь существенных изменений физических свойств в коре выветривания, в данном случае в зоне окисления сульфидизированных пород, явился переход более плотного, высокомагнитного пирротина в менее плотные, слабомагнитные разновидности окислов железа. Так же как и в предыдущем районе, увеличение степени дезинтеграции пород усиливало вариации физических свойств.

В Комсомольском районе по керну разведочных скважин до глубины 100 м изучены физические свойства достаточно широкого комплекса вмещающих горных пород, дифференцированных на три группы: преимущественно пропилитизированных и сульфидизированных, преимущественно ороговиконанных и сульфидизированных, преимущественно гидротермально неизмененных образований. Наибольшие изменения физических свойств в связи с выветриванием устанавливаются для пропилитизированных образований; глубина активного влияния агентов поверхностного выветривания на пропилитизированные породы (40—60 м) примерно вдвое превышает аналогичный показатель двух других групп пород. В количественном отношении средние значения физических характеристик от невыветрелых пород к поро-

дам выветрелым изменяются следующим образом.

Пронилитизированные и сульфидизированные породы (мощность коры выветривания 40—60 м, степень дезинтеграции зерна наиболее высокая — «мелкообломочная»):

плотность всех пород уменьшается на 0,20—0,25 г/см³;

магнитная восприимчивость туфогенных и туфогенно-осадочных пород практически не изменяется, андезитов уменьшается в 5—10 раз;

скорость продольных волн уменьшается на 1500—2000 м/с.

Окварцованные и сульфидизированные породы (мощность коры выветривания 20—30 м, степень дезинтеграции зерна средняя между «глыбовой» и «мелкообломочной»):

плотность всех пород уменьшается на 0,06—0,11 г/см³;

магнитная восприимчивость всех пород понижается примерно в два раза;

скорость продольных волн уменьшается на 500—1000 м/с.

Породы, не измененные гидротермальными процессами (мощность коры выветривания 20—30 м, степень дезинтеграции средняя между «скрытотрещиноватой» и «глыбовой»):

плотность уменьшается на 0,02—0,04 г/см³;

магнитная восприимчивость практически не изменяется;

пористость увеличивается на 1—2 %;

скорость продольных волн уменьшается на 500—800 м/с.

Несомненный интерес представляют результаты исследований физико-механических свойств горных пород, в различной степени затронутых процессами выветривания. По материалам А. Э. Даммера, магматические образования Сихотэ-Алинской области в пределах кор выветривания при переходе из зоны монолитной (скрытотрещиноватой) в зону глыбового выветривания теряют (относительно характеристик неизмененных пород), %:

а) граниты в плотности — 2, в скорости продольных волн — 30, в пределе прочности на сжатие — 30;

б) гранодиориты в плотности — 1, в скорости продольных волн — 16, в пределе прочности на сжатие — 2;

в) габбро-диориты в плотности — 6, в скорости продольных волн — 5, в пределе прочности на сжатие — 10;

г) андезитодациты в плотности — менее 1, в пределе прочности на сжатие — 27;

д) андезитобазальты в плотности — 7, в пределе прочности на сжатие — 65 %;

е) базальты в плотности — 10, в пределе прочности на сжатие — 25.

Во всех этих случаях коэффициент водопоглощения увеличивается неравномерно: в 1,5—2,5 раза от его первоначальной величины. Таким образом, физико-механические свойства пород, как это отмечалось в табл. 1, подвержены значительно более интенсивным изменениям даже на начальных стадиях выветривания.

Рассмотренные данные свидетельствуют о существенно различном влиянии гипергенных процессов, изменяющих состав, структуру и физические свойства горных пород в каждой из описанных зон коры выветривания. Описание кор выветривания Байкало-Амурского региона и сопредельных территорий [13] говорит о преобладании на большей части территории Дальнего Востока холодного, резко континентального климата, что способствовало лишь фрагментарному развитию кор выветривания, характеризующихся преимущественно физическим типом изменения пород, много реже — гидрослюдистым, еще реже — каолинитовым типами химического выветривания. Ближе к океану и на юге климатические особенности были более благоприятными для интенсификации процессов физико-химических преобразований пород. Во всех случаях степень выветривания и типы формируемых кор определяются тектонической и геоморфологической позицией геологических образований: в платформенных областях, как правило, преобладают площадные коры выветривания малой (первые метры) мощности, в складчатых областях — более локальные проявления линейно-площадного типа с неустойчивой мощностью, в тектонически хорошо проработанных зонах — узко локальные коры выветривания наибольшей (10—30 м) мощности.

К примеру, на Центральном участке БАМа коры выветривания представлены в основном обломочным материалом, характеризующимся начальной стадией разложения первичных пород. Коры сформированы на геологических образованиях кислого и среднего состава, сложены обломками — от крупных глыб до мелкой дресвы — гранитов, гранодиоритов, гранито-гнейсов. Профиль таких кор выражен слабо, между зонами нет четких границ. Морфологически это площадные коры, залегающие в виде изолированных участков (в первые сотни — первые тысячи квадратных метров) только на небольших пологих возвышенностях. Выветрелые породы более высокой, каолинитовой стадии здесь обнаружены лишь в нескольких точках. На Восточном участке БАМа коры выветривания распространены шире, их площадные проявления известны в 50—60 точках. В Приморье частота встречаемости этих образований еще более увеличивается с севера на юг, достигая максимумов площадного развития в

районе о. Ханка. Коры выветривания на юго-востоке Приамурья и в Приморье приурочены главным образом к пониженным участкам — впадинам, депрессиям, а также к плосковершинным водоразделам средне- и низкогогорного рельефа, где их площадные размеры не превышают первых тысяч квадратных метров. Первичными породами на таких участках в большинстве случаев являются магматические образования. Вариации морфологических типов и мощности кор выветривания на юге Дальнего Востока сходны с его более северными районами. Главное отличие кор на юге — более интенсивное химическое выветривание, выраженное широким спектром гидрослюдистых, галлуазитовых, монтмориллонитовых и каолинитовых преобразований материнских пород.

Предполагается, что наиболее благоприятные условия для широкого развития гипергенных процессов на юге Дальнего Востока существовали между периодами завершения позднезойского тектогенеза и начала средне-позднечетвертичной тектонической активности. Учитывая степень сохранности и изученности кор выветривания, следует считать, что участки развития пород с резко измененными петрофизическими характеристиками (глубоко проработанные коры выветривания полного профиля) в пределах Дальневосточного региона составляют лишь незначительную часть его территории.

На основании изложенного можно сформулировать следующие выводы.

1. При объемных (глубинных) геолого-геофизических построениях, результаты которых опираются на петрофизические данные, учет степени гипергенных изменений пород обязателен.

2. Величина изменения физических свойств пород, прежде всего — их плотности, в таких условиях коррелируется со степенью гипергенной проработки геологических образований (зональностью кор выветривания).

3. Специфической особенностью Дальнего Востока является ограниченный характер развития кор выветривания полного профиля, что приводит к формированию преимущественно глыбового, крупно-, средне- или мелкообломочного материала в элювиальных и делювиальных отложениях. Монолитно-скрытотрециноватая зона кор выветривания в естественных обнажениях и выработках присутствует повсеместно.

4. Характеристики геологических образований, образцы которых отобраны в условиях монолитно-скрытотрециноватой или глыбовой зон коры выветривания, обеспечивают высокую достоверность петрофизической информации. Аналогичные данные, когда образцы отбираются в условиях зон мелкообломочной или тонкого дробления, не могут являться основой глубинных геолого-геофизических построений. Оценка тенденции изменения инженерно-геологических (физико-механических) свойств гипергенно измененных пород требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арешидзе Г. М., Джавагшвили Э. А. Изменение состава и физических свойств горных пород при выветривании.— Л., 1966.— С. 296—301.
2. Гинзбург И. И. Типы древних кор выветривания, форма их проявления и классификации // Кора выветривания. Вып. 6.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.— С. 71—101.
3. Дубинчик Э. Я., Магид М. Ш. Физические свойства пород кристаллического фундамента Ленинградской области и закономерности их изменения в связи с выветриванием и гранитизацией // Тр. ВСЕГЕИ. Нов. серия.— 1964.— Т. 104.— С. 141—151.
4. Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Соколов В. Н. Преобразование минерального состава и микростроения долеритов Якутии в процессе выветривания // Кора выветривания. Вып. 18.— М.: Наука, 1983.— С. 111—125.
5. Коломенский Н. В. Методические указания по изучению процессов выветривания пород для инженерно-геологических целей.— М.: Госгеолгиздат, 1952.
6. Матвеев Ю. Д. Динамика выветривания осадочных пород.— М.: Наука, 1972.
7. Меленгьев М. И., Лемец В. И., Васильев А. М. Применение геофизических методов при картировании кор выветривания в Центральном Казахстане // Геофизические исследования в Казахстане/Мингео КазССР.— Алма-Ата, 1971.— С. 254—256.
8. Погребной В. Т. Физико-геологические свойства пород коры выветривания гранитоидов Приазовского блока // Изв. вузов. Геология и разведка.— 1976.— № 10.— С. 124—134.
9. Рац М. В. Структурные модели в инженерной геологии.— М.: Недра, 1973.
10. Романовский Н. П. Петрофизика гранитоидных рудно-магматических систем Тихоокеанского пояса.— М.: Наука, 1987.
11. Романовский Н. П., Гурович В. Г. Разуплотнение интрузивных пород южной части Дальнего Востока в гипергенных условиях // Разведочная геофизика. Вып. 78.— М.: Недра, 1977.— С. 96—101.
12. Романовский Н. П., Гурович В. Г. Петрофизическая характеристика // Тектоническая природа геофизических полей Дальнего Востока.— М.: Наука, 1984.— С. 52—64.
13. Сапожников Д. Г., Домбровская Ж. В., Новикова В. М., Алексеева З. И. Коры выветривания Байкало-Амурского региона.— М.: Наука, 1983.
14. Сидоркина С. П., Иерусалимская Е. Н., Корчагина Т. В. Исследование изменений свойств пород и их взаимосвязей в объеме геологического тела // Изучение состава, состояния и свойств горных пород при региональных инженерно-геологических

- исследованиях/ВСЕГИНГЕО.— М., 1984.— С. 45—54.
15. *Строкин Ю. А., Колчин Г. И.* Изменение физических свойств горных пород в зоне выветривания // Геофизические исследования в Казахстане/Мингео КазССР.— Алма-ата, 1971.— С. 254—256.
16. *Физические свойства горных пород и полезных*

- ископаемых: (Петрофизика).*— М.: Недра, 1984.
17. *Физические свойства горных пород Дальнего Востока: (Справочник в двух частях)/ДВО АН СССР.— Владивосток, 1987.*
18. *Ярг Л. А.* Изменение физико-механических свойств пород при выветривании.— М.: Недра, 1974.

*ИГиГ ДВО АН СССР
ХабНИИЖТ
ПГО Дальгеология
ПГО Таежгеология Хабаровск
ПГО Приморгеология Владивосток*

*Поступила в редакцию
17 ноября 1988 г.*