



3. Петрогенные горячие воды (гидротермы), обогащенные CO_2 , H_2SO_4 , отличались большой растворяющей способностью, агрессивностью и, циркулируя по породам шеркалинской пачки в режиме высокой гидродинамической активности, образовывали вторичные суперколлекторы.

4. Зарождающиеся в глинах гидротермальные растворы способствовали как преобразованию находящегося там рассеянного органического вещества в углеводороды, так и стремительной эмиграции УВ из материнских пород.

5. Ускоренная первичная миграция нефти, исключая её окисление и предполагающая формирование промышленных залежей, может быть связана, прежде всего, с этапами тектоно-гидротермальной активизации осадочных бассейнов независимо от того являются ли они рифтогенными или не осложненными рифтогенезом.

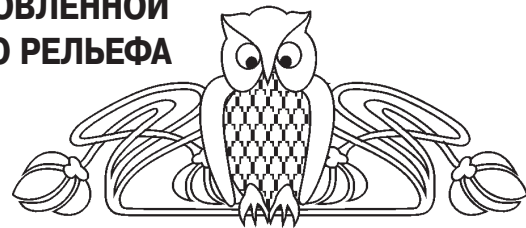
Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части темы «Геология» (код проекта 1582, гос. регистрация № 1140304447).

УДК 624.131

ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ФОРМОЙ ТЕХНОГЕННОГО РЕЛЬЕФА

Т. И. Кравченко, В. В. Филатов

Владимирский государственный университет
E-mail: tatyana.ttkachenko@yandex.ru



Статья посвящена решению плоской задачи об оценке критического усилия, возникающего в слоисто-горизонтальной модели слабой грунтовой среды под действием внешней нагрузки, эпюра которой имеет вид симметричной комбинированной треугольной и полубесконечной нагрузки.

Ключевые слова: модель грунтовой среды, симметричная нагрузка, эпюра внешней нагрузки, критическое давление.

Assessment of Critical Loads due to the Negative Form of Technogenic Relief

T. I. Kravchenko, V. V. Filatov

The article is devoted to the plane problem of appraisal critical effort, appearing in a flaky- horizontals model of a weak grunt environment under the influence of loading, the kind of which has a form of an symmetrical triangular and semi-infinite combined load.

Key words: model of soil medium, symmetrical load, plot external loads, critical pressure.

DOI: 10.18500/1819-7663-2015-15-4-44-48

При строительстве различных сооружений перемещаются значительные массы грунта, из которого формируется техногенный рельеф. Под действием веса грунта происходит изменение естественного напряжённого состояния нижележащей грунтовой среды. Поэтому возникает необходимость оценки критического давления, которое может выдержать данная среда.

В [1–3] решена задача об оценке критического усилия в модели грунтовой среды в виде однородного, тяжёлого, упругого полупространства под действием внешней нагрузки, приложенной к полупространству, эпюра которой представляет собой прямоугольный треугольник.

В настоящей работе рассмотрено решение аналогичной задачи. Но модель грунтовой среды представлена двумя плоско-параллельными слоями, лежащими на поверхности полупространства (рис. 1). Внешняя нагрузка имитирует отрицательную форму техногенного рельефа в виде равнобокой трапеции. В этом случае напряжение в любой точке $M(x, z)$ модели будет определяться весом плоско-параллельных слоёв, полупространства $\sigma_x^0 = \sigma_z^0 = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 [z - (h_1 + h_2)]$ и влиянием нагрузки P , где σ_x^0 и σ_z^0 – начальные составляющие напряжения, $\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 [z - (h_1 + h_2)]$ – давление от собственного веса слоёв грунта с учётом водонасыщенного слоя до уровня z .

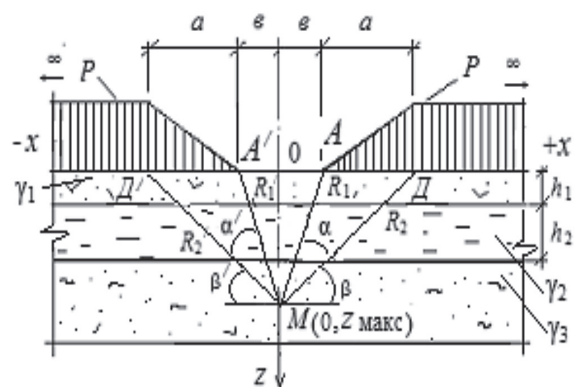


Рис. 1. Модель грунтовой среды и эпюра внешней нагрузки

Формулы главных напряжений, обусловленных действием симметричной комбинированной треугольной и полубесконечной нагрузки, имеют следующий вид [4]:



$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{P}{\pi a} \left[a(\beta + \beta') - \varepsilon(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') + z \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} \right] + \frac{Pz}{\pi a} \sqrt{\ln^2 \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + (\alpha - \alpha')^2} + \\ &+ \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 [z - (h_1 + h_2)]; \\ \sigma_2 &= \frac{P}{\pi a} \left[a(\beta + \beta') - \varepsilon(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') + z \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} \right] - \frac{Pz}{\pi a} \sqrt{\ln^2 \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + (\alpha - \alpha')^2} + \\ &+ \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 [z - (h_1 + h_2)], \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где P – внешняя нагрузки; x, z – координаты точки M ; $\alpha, \alpha', \beta, \beta'$ – углы видимости баз действия нагрузки; R_1, R_1' и R_2, R_2' – расстояния от точки $M(x, z)$ до точек A, D, A', D' баз внешней нагрузки; $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – объёмный вес плоско-параллельных слоёв и полупространства; h_1, h_2 – мощности плоско-параллельных слоёв; $a = AD, a' = A'D', \varepsilon = OA$ и $\varepsilon' = O'A'$.

Подставим выражения (1) в формулу условия предельного равновесия [5]:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 2 \sin \varphi \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + P_e \right), \quad (2)$$

где $P_e = C \operatorname{tg} \varphi$ – давление связности; C – удельное сцепление связного грунта; φ – угол внутреннего трения грунта; эти характеристики взяты постоянными для полупространства согласно [5].

Получим следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{Pz}{\pi a \sin \varphi} \sqrt{\ln^2 \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + (\alpha - \alpha')^2} - \frac{P}{\pi a} z \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} - \gamma_3 z = \frac{P}{\pi a} \left[a(\beta + \beta') - \varepsilon(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') \right] + \\ + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3 [(h_1 + h_2)] + C \operatorname{ctg} \varphi. \end{aligned} \quad (3)$$

Решая уравнение (3) относительно z , получим

$$z = \frac{\left[a(\beta + \beta') - \varepsilon(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') \right] + \frac{\pi a}{P} \{ \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3 [(h_1 + h_2)] + C \operatorname{ctg} \varphi \}}{0,96 - \sin \varphi \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + \frac{0,4(\alpha - \alpha') - \pi a \gamma_3}{\sin \varphi} - \frac{P}{P}}. \quad (4)$$

Найдём углы видимости $\alpha, \alpha', \beta, \beta'$, при которых $z = z_{\max}$. Для этого продифференцируем уравнение (4) по $\alpha, \alpha', \beta, \beta'$ и приравняем результаты дифференцирования нулю:

$$\alpha = \frac{\pi a \gamma_3 \sin \varphi}{0,4P} - \frac{[(0,96 - \sin \varphi) \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + \alpha']}{0,4}; \quad (5)$$

$$\alpha' = \frac{(0,96 - \sin \varphi) \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} - \frac{\pi a \gamma_3 \sin \varphi}{0,4P} + \alpha}{0,4}; \quad (6)$$

$$\beta = \frac{(x - \varepsilon)}{0,4a} \left[0,96 - \sin \varphi \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} - \frac{\pi a \gamma_3 \sin \varphi}{P} \right] - \frac{\pi}{P} [\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3 (h_1 + h_2) + C \operatorname{ctg} \varphi] + \frac{2\alpha' \varepsilon}{a} - \beta'; \quad (7)$$

$$\beta' = \frac{(x + \varepsilon)}{0,4a} \left[(0,96 - \sin \varphi) \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} - \frac{\pi a \gamma_3 \sin \varphi}{P} \right] - \frac{\pi}{P} [\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3 (h_1 + h_2) + C \operatorname{ctg} \varphi] + \frac{2\varepsilon \alpha}{a} - \beta. \quad (8)$$

При найденных значениях углов глубина развития критического усилия z будет равна z_{\max} , следовательно, формула (4) примет вид:

$$z_{\max} = \frac{\left[a(\beta + \beta') - \varepsilon(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') \right] + \frac{\pi a}{P} \{ \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3 [(h_1 + h_2)] + C \operatorname{ctg} \varphi \}}{0,96 - \sin \varphi \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + \frac{0,4(\alpha - \alpha') - \pi a \gamma_3}{\sin \varphi} - \frac{P}{P}}. \quad (9)$$

Для определения $P_{\text{кр}}$ поставим (9) в формулу [5]:

$$z_{\max} = \frac{0,88PB}{C_z}, \quad (10)$$

где $C_z = E/(1 - \nu^2)$ – коэффициент упругого полу-

пространства; $B = 2(a + \varepsilon)$ база действия нагрузки; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль деформации, модули упругости полагаются постоянными для полупространства [6].

После выполненных преобразований, получим квадратное уравнение



$$\frac{1,76P^2}{\sin \varphi} \left[(0,96 - \sin \varphi) \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + 0,4(\alpha - \alpha') \right] - P \left\{ 1,76\pi a \gamma_3 + \frac{C}{a} \left[a(\beta + \beta') - \varepsilon(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') \right] \right\} - \pi C_z [\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3(h_1 + h_2)] + C \operatorname{ctg} \varphi = 0. \quad (11)$$

Приведём уравнение (11) к следующему виду:

$$MP^2 + NP + L = 0, \quad (12)$$

где $M = \frac{1,76}{\sin \varphi} \left[(0,96 - \sin \varphi) \ln \frac{R_2 R_2'}{R_1 R_1'} + 0,4(\alpha - \alpha') \right];$

$$N = - \left\{ 1,76\pi a \gamma_3 + \frac{C}{a} \left[a(\beta + \beta') - \varepsilon(\alpha + \alpha') + x(\alpha - \alpha') \right] \right\}; \quad (13)$$

$$L = -\pi C_z [\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 - \gamma_3(h_1 + h_2)] + C \operatorname{ctg} \varphi.$$

Решая уравнение (12), получим формулу для вычисления $P_{кр}$:

$$P_{кр} = \frac{N}{2M} \left[\left(1 - \frac{4ML}{N^2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]. \quad (14)$$

Формулы (9) и (14) позволяют вычислять z_{\max} и $P_{кр}$ в полупространстве. В этих формулах z_{\max} и $P_{кр}$ зависят от большого количества физико-механических и геометрических характеристик модели. Придавая им различные значения, можно получить формулы для z_{\max} и $P_{кр}$ для различных вариантов моделей среды и эпюр внешней на-

грузки. Например, при $\varepsilon = 0$, т. е. когда точки А и А' совпадут с 0, эпюра будет иметь другой вид симметричной нагрузки; придавая ширине базы полубесконечной нагрузки определённое конечное значение, можно получить эпюру для симметричной треугольной и ленточной нагрузки; при $h_1 = h_2 = 0$ и ширине базы полубесконечной нагрузки равной нулю получим формулу z_{\max} и $P_{кр}$ для полупространства с различными видами эпюр внешней нагрузки, например, как в [1, 2] для нагрузки в форме прямоугольного треугольника и т. д. Зависимости $P_{кр}$ от удельного веса полупространства γ , удельного сцепления C и угла внутреннего трения φ приведены на рис. 2, а, б. Зависимости глубин развития критического усилия z_{\max} от тех же характеристик приведены на рис. 3 а, б. При расчёте принято $h_1 = h_2 = 0,3$ м, $\gamma_1 = 15,05$ кН/м³, $\gamma_2 = 10,3$ кН/м³, $a = 2$ м, $\varepsilon = 1$ м, коэффициент Пуассона для всех вариантов грунтовой среды $\nu = 0,13$.

Расчёт z_{\max} и $P_{кр}$ выполнялся при различных физико-механических характеристиках полупространства (таблица), соответствующих пластичным супесям.

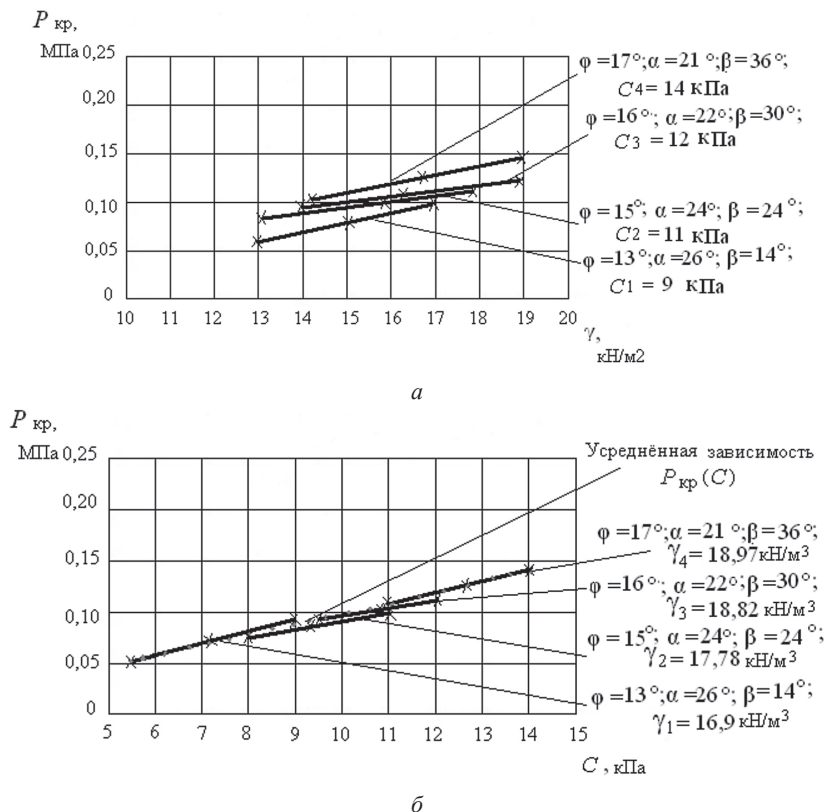


Рис. 2. Зависимость критической нагрузки $P_{кр}$ от удельного веса грунта γ при постоянных значениях удельного сцепления C (а); удельного сцепления грунта C при постоянных значениях удельного веса γ (б)

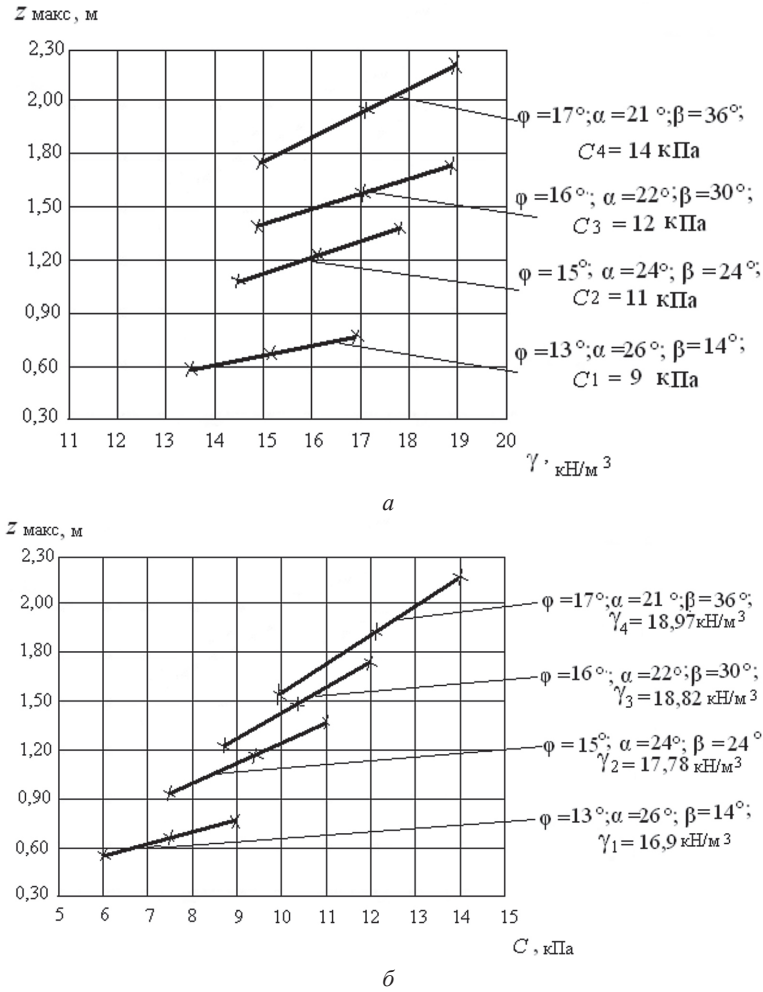


Рис. 3. Зависимость глубины развития критического усилия $z_{\text{макс}}$ от удельного веса грунта γ при постоянных значениях удельного сцепления C (а); удельного сцепления грунта C при постоянных значениях удельного веса γ (б)

Физико-механические показатели модели полупространства

Супесь пластичная (3-й слой) следующих видов	Удельный вес γ , кН/м ³	Угол внутреннего трения φ , °	Удельное сцепление C , кПа	Модуль деформации E , МПа	Максимальная глубина критического усилия $z_{\text{макс}}$, м	Коэффициент упругого полупространства C_z , МПа
1-й	16,90	13	9	15,8	0,75	16,07
2-й	17,78	15	11	16,2	1,34	16,48
3-й	18,82	16	12	16,6	1,73	17,0
4-й	18,97	17	14	17,8	2,18	18,1

Из результатов расчётов следует, что:

- зависимости $P_{\text{кр}}$ от физико-механических характеристик полупространства являются квазилинейными, как и для случая, рассмотренного в [1,2];
- с ростом значений физико-механических характеристик происходит увеличение $P_{\text{кр}}$ и $z_{\text{макс}}$;
- точки с координатами $z_{\text{макс}}$, в которых усилие достигают критической величины ($P_{\text{кр}}$), находятся в полупространстве, поскольку всегда $z_{\text{макс}} > h_1 + h_2$;
- для зависимости $P_{\text{кр}}(\gamma)$ увеличение критического усилия происходит не только с ростом γ , но и с увеличением φ и C ; при этом угловой

коэффициент (угол наклона графиков $P_{\text{кр}}(\gamma)$ к оси абсцисс) увеличивается с ростом φ и C ;

- для зависимости $P_{\text{кр}}(C)$ увеличение критического усилия происходит в основном только с ростом C ; за счёт увеличения γ и φ критическое усилие изменяется не более чем на 10%; поэтому для всех рассмотренных значений γ и φ можно предложить единую (усреднённую) зависимость $P_{\text{кр}}(C)$.

Всё это указывает на возрастание несущей способности грунтовой среды, причем значения углов видимости уменьшаются. Линейные зависимости $P_{\text{кр}}$ от $\varphi, \gamma, C, \alpha$ позволяют упростить вычисление критических усилий для треугольной



нагрузки. Аналитические зависимости и методика решения плоской задачи были использованы при расчётах на конкретных примерах в строительстве.

Библиографический список

1. Кравченко Т. И. Оценка предельного критического усилия на упруго-пластическую грунтовую среду от действия треугольной нагрузки // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 5. С. 68–72.
2. Кравченко Т. И. Изучение и оценка предельного напряжённого состояния слабых грунтов оснований инженерных сооружений : дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2013. 131 с.
3. Кравченко Т. И., Филатов В. В. Методика изучения предельного напряжённого состояния слабых грунтов // Материалы II Всесоюз. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2013. С. 48–50.
4. Маслов Н. Н. Прикладная механика грунтов : учеб.-метод. пособие. М., 1949. 328 с.
5. Цытович Н. А. Механика грунтов : учеб.-метод. пособие. 4-е изд. М., 1983. 281 с.
6. СНиП 2.02.01–83. Основания зданий и сооружений // Строительные нормы и правила. М., 2000. 40 с.

УДК 552.53;553.632+551.247

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКСТУР И СТРУКТУР КАЛИЙНЫХ, КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ И МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ В ПРИКАСПИЙСКОМ СОЛЕРОДНОМ БАССЕЙНЕ

Г. А. Московский¹, О. П. Гончаренко¹, С. А. Свидзинский²,
О.-М. А. Радзиевская¹

¹Саратовский государственный университет
E-mail: MoskovskyGA@info.sgu.ru

²ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий», Котельниково Волгоградской области
E-mail: SvidzinskySA@yandex.ru

Рассмотрена роль факторов, определяющих текстурно-структурные особенности калийных, калийно-магниевого и магниевого солей Прикаспийского солеродного бассейна. Показаны роль сохранения высококонцентрированной рапы в отдельных акваториях бассейна, значение постоянного подтока малосгущенной рапы, процессов высаливания хлористого натрия и хлористого калия, морфологии дна бассейна и влияние двух типов ритмичности седиментации (галогенного и терригенного) и вторичных минералообразующих процессов. Охарактеризованы основные типы текстур пород.

Ключевые слова: галогенез, заключительные стадии, калийные, калийно-магниевого соли, рапа, текстуры и структуры пород.

Environment of Texture and Structure Formation in Potassium, Potassium-magnesium and Magnesium Salts within the Caspian Halogenic Basin

G. A. Moskovsky, O. P. Goncharenko, S. A. Svidzinsky,
O.-M. A. Radzievskaya

The paper deals with the role of the factors that determine the textural-structural peculiarities of potassium, potassium-magnesium and magnesium salts in the Caspian halogenic basin. Special reference is made to the role of highly concentrated brine preservation in certain basin water areas, importance of constant inflow of low condensed brine, salting-out of sodium and potassium chlorides, basin bottom morphology, the influence of two types of sedimentation rhythmicity (halogenic and terrigenous) and secondary processes of mineral formation. Principal types of rock textures are described.

Key words: halogenesis, final stages, potassium and potassium-magnesium salts, brine, rock structures and textures.

DOI: 10.18500/1819-7663-2015-15-4-48-54

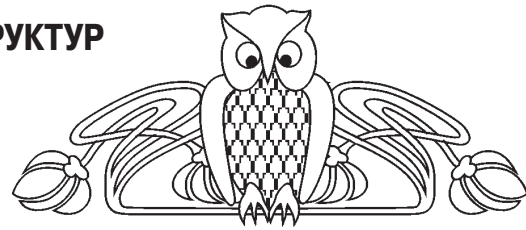
нерных сооружений : дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2013. 131 с.

3. Кравченко Т. И., Филатов В. В. Методика изучения предельного напряжённого состояния слабых грунтов // Материалы II Всесоюз. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2013. С. 48–50.

4. Маслов Н. Н. Прикладная механика грунтов : учеб.-метод. пособие. М., 1949. 328 с.

5. Цытович Н. А. Механика грунтов : учеб.-метод. пособие. 4-е изд. М., 1983. 281 с.

6. СНиП 2.02.01–83. Основания зданий и сооружений // Строительные нормы и правила. М., 2000. 40 с.



Введение

Сильвиновые (сильвиниты), карналлитовые и бишофитовые породы, являясь продуктами заключительных стадий соленакопления, представляют собой особый вид полезных ископаемых эвапоритового генезиса, используемых для получения многих необходимых народному хозяйству соединений, основными компонентами которых служат калий и магний. Изучению состава, текстурных и структурных характеристик, а также условий формирования этих пород Прикаспия, Верхнекамского месторождения калийных солей и ряда других регионов в той или иной степени посвящены многочисленные работы исследователей. Обобщение всех данных о текстурно-структурных характеристиках этих пород приведено в работах Я. Я. Яржемского [1], В. В. Кольцовой, Я. Я. Яржемского [2], Я. Я. Яржемского с соавторами [3]. Строение и условия формирования бишофитовых пород рассматривалось в работах М. А. Жаркова с соавторами [4], М. Г. Валяшко, И. К. Жеребцовой [5], В. С. Деревягина с соавторами [6], Г. А. Московского с соавтором [7], О. П. Гончаренко [8] и др.

В последующие годы в процессе изучения калийных, калийно-магниевого и магниевого месторождений в основном Северо-Каспийского солеродного бассейна нами был накоплен большой фактический материал [9, 10, 11], значительно дополняющий и расширяющий сведения, содержащиеся в указанных выше работах. Приведенные здесь результаты исследований выполнены при изучении сильвинитов и карналлитовых пород Гремячинского месторождения калийных солей и поисковых участков (Равнинного, Дар-