

А. В. РОНОВ

УПЛОТНЕНИЕ ОСАДКОВ И ТОЧНОСТЬ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

(Представлено академиком С. И. Мироновым 21 VII 1948)

Уплотнение рыхлых осадков происходит под воздействием механических и геохимических сил. И те и другие вызывают в конечном счете уменьшение пористости. Однако под воздействием внешних механических сил, приложенных в виде давления, не только уменьшается пористость, но осадок испытывает то или иное уменьшение первоначального объема. Величина этого уменьшения зависит от состава осадка, размера слагающих его частиц⁽⁸⁾, их дисперсности и гидрофильности, содержания в воде электролитов^(2,3) и, наконец, от величины приложенных механических сил. Среди последних решающую роль играют лишь две: давление, развивающееся в процессе складчатости, проявляющееся исключительно в геосинклинальных зонах в эпохи складкообразования, и гравитационное давление (вес вышележащих толщ), которое действует повсеместно и является основным механическим фактором в областях спокойного залегания пород (платформы). При механическом уплотнении осадка происходит сближение слагающих его частиц, их деформация, сокращение порового пространства и соответствующее вытеснение погребенных в порах вод и флюидов (битумы, газы).

Геохимические силы, вызывающие процессы цементации и перекристаллизации, также обуславливают уменьшение пористости осадка. Однако объем порового пространства сокращается при этом не вследствие уменьшения общего объема породы, а в результате заполнения пор цементирующим веществом (пески), либо вследствие увеличения объема частиц, слагающих осадок (перекристаллизация карбонатных и сульфатных пород). Геохимические преобразования создают прочный каркас породы, сопротивляющийся механическому сдавливанию.

Гравитационное уплотнение, будучи явлением универсальным, проявляется с резко различной интенсивностью в отношении различных типов осадочных пород. Конгломераты, песчаники, известняки и химические осадки испытывают под воздействием гравитационного давления весьма малое уменьшение первоначального объема. Равновесие в этих осадках достигается очень быстро при сравнительно низких давлениях⁽⁹⁾.

Единственной группой пород, поддающихся воздействию сжимающих сил, являются глины. Экспериментальными исследованиями установлено, что скорость уплотнения глинистого осадка после приложения нагрузки постепенно уменьшается и равновесие, при данном давлении, достигается быстро⁽¹⁰⁾. Небольшие примеси песчаного материала слу-

жат сдерживающим фактором и значительно понижают величину уплотнения глин (7).

Максимальное уменьшение первоначального объема глинистых осадков под воздействием гравитационного давления достигает 70—80%. В этом случае рыхлый, набухший водой осадок с пористостью, равной 80%, должен быть превращен в кристаллический сланец, пористость которого не превышает 2—3%. На первый взгляд создается впечатление, что гравитационное уплотнение глинистых толщ способно вносить столь большие изменения в первоначальные мощности и объемы этих отложений, что любые попытки количественного изучения истории колебательных движений, опирающиеся на измерение мощностей (4) и объемов (5) пород, должны быть обречены на провал. Так ли это на самом деле? Попытаемся на примере Русской платформы приблизительно оценить роль гравитационного уплотнения глин и выяснить, в какой степени это явление искажает первоначальные соотношения.

Известно, что методом мощностей, равно как и объемным методом, изучаются колебательные движения лишь первых трех порядков, с периодами колебаний не меньше 5—10 млн. лет. Во всех случаях рассматривается суммарный эффект тектонического погружения, запечатлевшийся в мощностях и объемах отложений под подошвой непосредственно следующего стратиграфического горизонта. Мощности отложений представляют собой как бы результирующую вертикальных движений разных порядков и знаков, так как каждое опускание земной коры вызывало соответствующее накопление осадков, а каждое поднятие — пропорциональный ему размыв и приостановку накопления. В число этих бесчисленных колебаний и преобразований автоматически включается и явление уплотнения глин, происходившее в утрированно, т. е. в течение всего интервала времени, вплоть до начала отложения слоев подошвы следующего стратиграфического горизонта. В течение этого огромного промежутка времени (5—10 и более млн. лет) успевают завершиться, по крайней мере, первые две стадии уплотнения глин, а именно стадия механической перегруппировки и стадия обезвоживания. В этом нетрудно убедиться, если сопоставить средние мощности отложений различных отделов и ярусов Русской платформы с явно завышенной кривой изменения пористости глин и сланцев в зависимости от глубины их погребения (8), которая для глубины в 160 м дает величину пористости, равную 35%. Учитывая, что средняя пористость глин в платформенных зонах составляет, по Г. А. Максимовичу, 40% (4), а мощности отделов и ярусов в большинстве случаев здесь больше 150 м, неизбежен вывод, что послеформационное уплотнение глин, т. е. уплотнение, наступающее после завершения накопления осадков данного горизонта, в среднем для платформы равно нулю.

Рассмотрим эту проблему с другой стороны. На долю обломочных пород на Русской платформе герцинского возраста, по нашим подсчетам, приходится всего лишь 38% от общего объема отложений, а совместно с альпийской платформой эта цифра увеличивается до 45% (6). Точная пропорция между глинами и песками платформы неизвестна. Возьмем средние для стратисферы цифры А. Холмса, который считает, что глины являются примерно в 4,5 раза более распространенными породами, чем пески (9). Если мы примем эту пропорцию, то процент глин на Русской платформе соответственно составит 31 и 37%.

Максимальное количество глин накопилось на платформе в среднем девоне, верхней перми (татарский век), юре, нижнем мелу и в третичное время, тогда как остальные эпохи характеризуются сравнительно малым их развитием. За исключением девонских глин, кото-

рые залегают на значительных глубинах, глины верхнепермского и мезозойского возраста расположены неподалеку от поверхности. Можно с уверенностью полагать, что уплотнение последних двух групп закончилось почти нацело в период их формирования, так как вышележащая нагрузка была сравнительно небольшой и не могла значительно увеличить внутриформационное уплотнение.

Возможные погрешности в определении объема тектонического погружения могут затронуть лишь девонскую систему и в основном средний ее отдел, где обломочных пород и в том числе глин значительно больше, чем в верхнем девоне (6). Допустим, что послеформационное уплотнение девонских глин, т. е. уплотнение, начавшееся с момента накопления нижнекаменноугольных осадков и продолжающееся (?) поныне, выразилось в уменьшении пористости от 35 до 20%.

Учитывая, что объем девонских глин составляет приблизительно 35% от объема всех девонских отложений, общую величину уплотнения всего девонского комплекса пород можно оценить не более, чем в 5%. Эта цифра втрое меньше точности измерения объемов девонских пород ($\pm 15\%$). Что же касается более высоких этажей разреза, то для них получены значительно меньшие величины послеформационного уплотнения глинистых осадков. Таким образом, мы приходим к выводу, что введение поправок на уплотнение глин дало бы в условиях Русской платформы очень небольшой и скорее даже иллюзорный выигрыш в точности.

Попытаемся теперь оценить величину уплотнения осадков под воздействием давления, развивающегося в геосинклинальных зонах в процессе складчатости. Возьмем предельный случай. Глины превращены в кристаллические сланцы, пористость которых приближается к нулю. Если считать, что средняя пористость глинистой породы, сформировавшейся к моменту наступления складчатости, составляла 40%, т. е. была равной средней пористости глин платформы, то эти цифры и дадут предельную величину уплотнения глин в результате складчатости. Если же принять среднюю пористость глин, подсчитанную для складчатых зон (20% (4)), то в этом случае уплотнение составит всего лишь 20%.

Допустим, что величина средней пористости преувеличена Г. А. Максимовичем. Возьмем не 20, а 15%. Тогда средний размер уплотнения составит уже 25% от общего объема глин. Принимая в расчет, что сокращение первоначальных объемов конгломератов, песчаников и известняков во много раз меньше, средняя величина уплотнения всего геосинклинального комплекса пород должна понизиться.

Распространенность карбонатных пород в Уральской геосинклинали составляет, по нашим подсчетам, 35%, а в геосинклинали Большого Кавказа — 23% от общего объема пород (6). Так как процентное содержание известняков и доломитов в Уральской геосинклинали ненормально велико, то цифра 20—25% будет достаточно близко отражать среднее для геосинклиналей содержание карбонатных осадков.

Опираясь на пропорцию А. Холмса (9), получаем, что глины составляют приблизительно 60% от общего объема геосинклинального комплекса пород.

Подставляя эти данные, нетрудно подсчитать, что средняя величина уплотнения всего геосинклинального комплекса отложений снизится с 25 до 15%.

Таким образом, объемы пород, измеряемые в складчатых зонах, в среднем на 15% меньше первоначальных, а следовательно, объем тектонического погружения и производные от него величины (5) также меньше истинных на 15%.

Следовательно, почти всегда результаты наших измерений и подсчетов оказываются заниженными.

Геофизический институт
Академии Наук СССР

Поступило
16 VII 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Белоусов, Сов. геол., № 2—3 (1940). ² Н. Я. Денисов, Изв. АН СССР, ОТН, № 6 (1946). ³ Н. Я. Денисов, ДАН, 55, № 5 (1947).
⁴ Г. А. Максимович, Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., № 5 (1944).
⁵ А. Б. Ронов, там же, № 6 (1944); № 2 (1945). ⁶ А. Б. Ронов, ДАН, 61, № 3 (1948). ⁷ L. F. Athy, Probl. Petrol. Geol., 1934. ⁸ H. D. Hedberg, Am. J. Sci., ser. 5, 31, № 184 (1936). ⁹ A. Holmes, The Age of the Earth, 1937.
¹⁰ A. W. Skempton, Quart. J. Geol. Soc. London, 100, P. 1—2 (1944).