

В. Н. ДАНИЛОВИЧ

## О ВОЛНОВОЙ ПРИРОДЕ СКЛАДЧАТОСТИ НАПЛАСТОВАНИИ

(Представлено академиком В. А. Обручевым 14 III 1949)

Изгибы пограничных поверхностей между различными средами, подобные складкам напластований, как известно, имеют место в гидросфере и атмосфере и представляют разновидность волн. Таковы, в частности, волны, возникающие на водной поверхности при ветре. Рассматривая форму этих волн в поперечном профиле, мы поражаемся сходством их со складками напластований литосферы; существуют волны прямые, косые, опрокинутые, лежащие и перевернутые. В простейшем и наиболее частом случае взволнованная водная поверхность представляет сочетание одинаково ориентированных перемежающихся валов и впадин, дающих в своей совокупности типичную картину поверхности складчатого пласта. Такое сходство давно замечено, и на основании его складки иногда именуют волнами напластований. Однако этим выражается лишь представление о чисто морфологическом, но отнюдь не генетическом сходстве. Нам же кажется, что следует рассматривать эти образования как сходные не только по форме, но в значительной мере и по происхождению.

Известно, что если имеются две соприкасающиеся среды, способные течь, и одна из них приходит в движение по отношению к другой, то разделяющая их поверхность испытывает вибрационные волновые движения, которые могут сообщить ей волнистую форму (8, 10) с тем или иным поперечным профилем волн (9), вплоть до лежащего и перевернутого. Таким образом возникают волны на водной поверхности вследствие движения вдоль ее воздушной массы; та же причина вызывает образование так называемых внутренних волн в результате наличия в гидросфере и атмосфере слоев различной плотности, испытывающих относительные перемещения. Для нас особенно интересны внутренние волны, обнаруженные в водной массе океанов и морей (7). Периоды и амплитуды этих волн изменяются в очень широких пределах; волны могут достигать громадных размеров, период их измеряется часами и днями (известны внутренние волны с периодом в 14 суток) (7).

Изложенные сведения, как нам кажется, нельзя игнорировать при исследовании проблемы складкообразования. Согласно современным воззрениям, получающим сейчас широкое признание, складчатость, представляющая пластическую деформацию слоев, происходит при послойном движении, имеющем характер пластического течения (1, 2, 4). Но, как уже отмечалось, такое движение неизбежно должно вызывать образование волн. Их форма, длина, амплитуда и период могут быть весьма разнообразными в зависимости от строения и состава слоистой среды, давления, движения и других условий, являясь функциями ряда факторов (плотности и вязкости слоев, их толщины, степени различия физических свойств соприкасающихся слоев, относительной скорости

их движения и пр.), причем в некоторых случаях должно происходить наложение друг на друга волн различных порядков, как это наблюдается, например, на водной поверхности. Надо полагать, что вследствие большой плотности и вязкости среды и малых относительных скоростей движения слоев период этих волн очень велик.

В соответствии с изложенным представлением следует считать, что во время послыного движения антиклинальные и синклиналильные перегибы порожденных им волн очень медленно передвигаются в сторону, куда это движение направлено (подобно волнам, катящимся по водной поверхности). Участок пласта в момент прохождения через него антиклинального или синклиналиного перегиба оказывается местом, где послыное движение вынуждено наиболее резко изменять свое направление и поэтому замедляется. Последнее обстоятельство, если упомянутые перегибы передвигаются медленнее послыного движения, должно приводить к их раздувам, так как в таком случае отток вещества из них меньше, чем его приток. Этим можно объяснить утолщение слоев в замочных частях складок.

Волны, существовавшие в последний момент послыного движения, по прекращении его остаются фиксированными в виде неподвижных изгибов, т. е. складок. Очевидно, что последние должны отсутствовать, если имело место постепенное затухание колебаний. Причиной прекращения колебаний без постепенного их затухания является, по видимому, уменьшение давления, под которым находится слоистая среда. Известно, что большое давление вызывает в телах высокую пластичность, и поэтому естественно рассматривать течение напластований как результат высокого давления. При понижении последнего слоистая среда теряет свои пластические свойства и когда наиболее пластичные слои (обычно представленные глинистыми сланцами) утрачивают способность течь, послыное движение прекращается. Но, как известно, пластические свойства веществ при определенных критических значениях величины давления изменяются скачкообразно и поэтому прекращение послыного течения, вероятно, происходит довольно резко. Но если даже считать, что это прекращение происходит постепенно и медленно, то, имея в виду, что волны в напластованиях обладают очень большим периодом, по сравнению с ним прекращение послыного движения может являться довольно кратковременным. Следует еще учитывать, что по окончании послыного движения вызванные им колебания не могут продолжаться по инерции (что также привело бы к их постепенному затуханию), как это, например, имеет место на водной поверхности по прекращении ветра; к таким колебаниям способны только легко текущие среды.

В соответствии с представлением о волновой природе складчатой структуры можно объяснить развитие в ней кливажа, параллельного осевым поверхностям складок. Как известно, последний рассматривается в качестве явления, возникающего по прекращении послыного движения и выражающего прерывистость в движении, ориентированном вдоль осевых поверхностей (4). Точно так же ориентировано непрерывное перемещение вещества при колебательном волновом движении. В последний момент его, когда вещество теряет пластичность, продолжающееся еще перемещение вдоль осевых поверхностей становится прерывистым, образуя внутри вещества поверхности раздела, также ориентированные параллельно осевым поверхностям. Это можно считать результатом скалывающих напряжений, возникающих внутри масс, потерявших пластичность, при такой ориентировке относительных перемещений, к которым массы испытывают стремление. Как известно, в наиболее жестких пластах (обычно в песчаниках) наблюдается грубый кливаж с ориентировкой, резко непараллельной осевым поверхностям складок; в таких слоях также иногда присутствуют несколько систем

кливажа с разной ориентировкой. Это могут быть явления, возникшие еще при течении более пластичных слоев (глинистых сланцев) вследствие напряжений в более жестких слоях, вызванных волновыми движениями, которые это течение создавало. Конечно, некоторые проявления кливажа в слоях любого состава могут и не иметь прямой или даже косвенной генетической связи с волновым движением.

Некоторой наглядной иллюстрацией происхождения складок как волн, возникающих при послойном течении, является образование так называемых складок волочения, примером которых может служить пloyчатость глинистых сланцев. Как известно, складками волочения называют изгибы, возникающие в относительно пластичной слоистой среде, соприкасающейся с менее пластичным горизонтом при его относительном перемещении вдоль слоистости. Это перемещение вовлекает слоистую среду в послойное движение, в процессе которого и возникают волны, фиксирующиеся в виде складок волочения.

В связи с высказанными представлениями о природе складчатости можно отметить некоторые результаты наблюдений автора над Ангарским надвигом. Низы его висячего крыла (состоящего из гранитов и гнейсов), представляя перемежаемость прослоев милонитовых сланцев и более грубых милонитов, дают типичную картину послойного течения вещества, имевшего место при надвиге. В этих условиях следует ожидать возникновения волн. Действительно, в милонитах констатируются складки, описанные в нашей статье (3), имеющие одинаковое простирание и наклоненные в одном направлении; они могут рассматриваться как волны, возникшие при послойном течении среды.

Предлагаемое нами объяснение складкообразования находит некоторое подтверждение в экспериментах С. В. Тромпа (6). Ему удалось получить волны в пластах глины и песка, очень медленно передвигавшихся относительно друг друга. Однако, несмотря на то, что эти опыты производились с переслаивающимися пластами и полученный результат именуется «складчатостью Гельмгольца», Тромп не использовал идеи, которую подтвердили эти эксперименты, для объяснения складкообразования в слоистой среде, т. е. процесса складчатости в узком смысле. Эта идея была им предложена (6, 11) для объяснения колебаний земной коры в геосинклинали, которые рассматриваются как результат волновых движений поверхности, разделяющей сиаля и симу, при их относительном смещении. Хотя Тромп при этом говорит о складчатости и орогенезе, но под такими терминами он понимает не процесс деформации слоистой среды, а геосинклинальные прогибания и вспучивания (6).

Интерпретация складкообразования, которая приводится в этой статье, вовсе не требует, чтобы были совершенно отброшены другие объяснения механизма складчатости, даваемые на основании концепции о послойном движении (гофрировка вследствие увеличения протяженности пластов в фиксированных рамках их первичного распространения, вызванного уменьшением их мощности (4), зарождение складчатой структуры вследствие первичного негоризонтального залегания слоев в виде пологих куполовидных форм, из которых при послойном движении развиваются складки (5)). Однако, допуская, что в этих объяснениях указываются факторы, способствующие возникновению складок, следует считать, что ведущей, универсальной причиной складкообразования служит та закономерность, которая была нами рассмотрена, так как она органически присуща среде, испытывающей послойное движение.

Изложенная точка зрения на природу складчатости соответствует тем физическим представлениям, которые все шире завоевывают научное мировоззрение. Это — представление о громадной роли волн как универсального фактора. Последний явно недостаточно учитывается в геологической науке. Хотя значение волновых колебаний в развитии земной коры общепризнано, принцип волнового движения используется

для конкретного физико-механического анализа пока лишь при познании сейсмических явлений. Несомненно, что этот принцип заслуживает серьезного внимания и при изучении других геологических процессов и в первую очередь складкообразования.

Иркутский горно-металлургический  
институт

Поступило  
14 III 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> В. В. Белоусов, Сов. геология, 16 (1947). <sup>2</sup> В. В. Белоусов, Бюлл. МОИП, 22, в. 3 (1947). <sup>3</sup> В. Н. Данилович, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1949). <sup>4</sup> М. М. Тетяев, Основы геотектоники, 1941. <sup>5</sup> М. М. Тетяев, Изв. АН СССР, сер. геол., № 6 (1948). <sup>6</sup> С. В. Громп, Тр. 17-й сессии Междунар. геол. конгр., 2, 1939. <sup>7</sup> В. В. Шулейкин, Физика моря, 1941. <sup>8</sup> Helmholtz, Wissenschaftliche Abhandlungen, 1909. <sup>9</sup> H. Jeffreys, Proc. Roy. Soc., 107 (1925): 110 (1926). <sup>10</sup> Lord Kelvin, Philos. Mag., 42 (1871). <sup>11</sup> S. W. Tromp, Z. f. Geoph., Jahrg. 13, H. 2/3 (1937).