

Мильорини и три столпа геологической мудрости Migliorini and the Three Pillars of Geological Wisdom

Фронко ди Чезаре (Franco di Cesare),¹ Франческо Гвиди (Francesco Guidi),² и Рафаэле Каснеди (Raffaele Casnedi)³ рассказывают о жизни самого известного итальянского геолога XX века Карло Ипполито Мильорини (Carlo Ippolito Migliorini) и обсуждают его научное наследие.

Среди мудрейших высказываний Карло Ипполито Мильорини было простое замечание, что «исследование должно удовлетворять любопытство, а не амбиции». Этой максиме он следовал на протяжении всей своей выдающейся научной карьеры. Мильорини считается одной из важнейших фигур в пантеоне итальянских геологов, прославившихся тем, что сейчас называют «тремя столпами геологической мудрости». Велика также его роль в руководстве на протяжении 20 лет итальянской государственной нефтяной компанией Agip.

Он родился 13 августа 1891 г. в Биббьене, провинция Ареццо Тосканской области, в семье итальянца и англичанки. Его отец Мильоротто Мильорини (Migliorotto Migliorini) был адвокатом, а мать Элен Фоук (Elene Fowke) происходила из знатного британского рода. Генерал-майор сэр Джордж Генри Фоук (George Henry Fowke) приходился ей дядей. По-видимому, младший Мильорини рано увлекся геологией, поскольку уже в 15 лет был принят в Итальянское геологическое общество и часто посещал геологический институт во Флоренции.

Закончив школу во Флоренции он отправился в Англию, в Корнуэлл, чтобы учиться в Кэмборнской горной школе, которую он закончил в 1912 г. В возрасте 21 года и стал горным инженером. Он сразу начал работать в геологии, сначала в Корнуэлле, а затем в Португалии; эти занятия прервала война. За успешную службу в итальянской армии он был награжден бронзовой медалью и Крестом за заслуги.

Когда война кончилась, он вернулся к избранной работе и вскоре принял участие в геологической экспедиции в Анатолии, где его представления о тектонике стали довольно известными. В 1920 г. он



Карло Ипполито Мильорини, 1891-1953.

получил должность в Итальянском институте сельского хозяйства в колониях на Родосе, Греция и работал там до 1934 г. В этот период он провел ряд важных исследований на островах Эгейского моря, в основном по организации открытой добычи и по гидрологии.

На Родосе он встретил свою любовь. В 1926 г. Он женился на Вере Ивановне Саниной, очаровательной женщине из знатной семьи русских эмигрантов, бежавших из революционной России. На свадьбе в числе гостей были сэр Джордж Фоук, а также лорд и леди Маунтбаттен, подарившие невесте красивое кольцо.

Три столпа геологической мудрости

В короткой статье невозможно перечислить все идеи, следующие из размышлений и исследований Мильорини, поэтому мы сосредоточимся



Вера Ивановна Санина, 1908-1978.

на трех аспектах, которые можно считать его тремя столпами геологической мудрости.

Его работа в геологии была связана в основном с построением модели геологического развития Апеннин, горной цепи, являющейся как бы хребтом всего полуострова, на котором находится Италия. Теперь, оглядываясь назад, мы лучше понимаем важность его усилий, поскольку во второй половине XX века ряд нефтяных скважин, пробуренных в области, где он работал, показали верность представлений Мильорини о тектонике, стратиграфии и механике движения блоков земной коры.

В 1933 году вышла его короткая, но основополагающая работа - Considerazioni su di un particolare effetto dell'Orogenesi (Заметки о некоторых эффектах орогенеза), *Italian Geological Society Bulletin*, LII, 1933. В ней Мильорини начал разработку своей теории, упомянув о необходимости учета последовательности орогенеза

¹ franco.dicesare@alice.it

² info@assomineraria.org

³ rcasnedi@unipu.it



*Карло Инполито Мильорини
немного за пятьдесят.*

(горообразования), включающей начальную фазу продольного сжатия коры, орогенные сдвиги и последующее изостатическое выравнивание. Через годы его идеи развились в три столпа геологической мудрости, которые мы приводим здесь по отдельности, но на самом деле они суть составные части единого уникального взгляда на движения в Земле.

Первый столп: формация Мачиньо (Macigno formation)

В 1943 г. Мильорини опубликовал первую статью о формации Мачиньо. По результатам полевых исследований он сделал вывод, что каждый слой этих песчаников сформировался в результате оседания материала из мутьевого потока, пришедшего издалека. В результате формация Мачиньо содержит сведения о терригенных осадках, пришедших в Тирренскую область складкообразования.

Через несколько лет, в 1948 г. На Лондонском Международном геологическом конгрессе он встретился с голландским геологом проф. Генри Филиппом Куэненем (Henry Philip Kuenen, 1902-1976). Опираясь на лабораторные исследования, Куэнен пришел к выводам, во многом близким к взглядам Мильорини. В частности, Куэнен оспаривал утверждение, что поток плотности – это поток воды, движущейся в силу избыточной плотности, превышающей плотность окружающей стоячей воды. Если причина повышенной плотности состоит в наличии взвеси осадочного материала, которая делает поток тяжелее, чем окружающие чистые воды, такой поток называют мутьевым.

Ученые опубликовали совместную работу, которая стала классической в области переотложения обломочных осадков (Kuenen and Migliorini, 1950, Turbidity currents as a cause of graded bedding, *Journal of Geology*, 58). В этой



Проф Генри Филип Куэнен, 1902-1976.

работе Куэнен и Мильорини показали, что мутьевые потоки порождают слои с более грубым материалом у подошвы и более тонким у кровли (градиентные слои). Подобную структуру имеют многие песчаники, в которых материала каждого слоя становится вверх по разрезу все тоньше, вплоть до уровня морских глин, которые обычно медленно оседают в глубоководных бассейнах. Такая структура часто встречается в древних формациях, встречающихся в обнажениях на Апеннинах. Авторы предположили, что это могут быть глубоководные отложения мутьевых потоков. Идеи переноса песка вниз по склону в глубоководную обстановку были позднее приняты многими морскими геологами и нефтяниками и сыграли немалую роль в открытии многих месторождений.

Мачиньо – не единственная формация такого происхождения. Например, западнее встречаются ровные осадки позднемелового возраста. К востоку встречаются некоторые третичные формации, такие как миоценовая Марнозо-Аренская (Marnoso-Arenacea) формация, распространенная от Тирренского моря до Адриатики.

Второй столп: орогенные оползни

Мильорини объяснил механизм движения так называемых чешуйчатых глин (scagliose, scaly-clays). Для этого он предложил общую идею орогенного оползня, в котором сланцы являются тектонической смазкой. Фактически, широтные оползни, порождаемые смятием в складки осадочных слоев в этом направлении, т. е. с востока на запад, вовлекают в движение обломочные породы и известняки.

Эта идея нашла подтверждение во впадине Брадано (Fossa Bradanica, Bradano Trough). Предлагая это имя,

Мильорини имел в виду плоскую или всхолмленную равнину, перекрытую плиоценовыми или неогеновыми осадками, простирающуюся от района горы Маджелла до Ионического моря. Он считал, что интенсивные тектонические процессы широтного направления в южной части Апеннин протекали более мягко и соответствующие структуры стали менее выражены. Это привело к возникновению условий, благоприятных для образования и накопления жидких углеводородов во всех формациях, начиная с меловых (Migliorini, 1934). Для данной конкретной области дальнейшая разведка дала точке зрения Мильорини впечатляющие подтверждения.

Третий столп: составные клинья

Мильорини развивал теорию нарастания складчатости и орогенных оползней в сторону динамики процессов, что привело к созданию, в основном на материале полевых исследований, модели строения центральной части Апеннин. Теория составных клиньев появилась сразу после Второй мировой войны в 1946 г. и окончательно сформулирована в 1948 г. (I Cunei Composti nell'Orogenesi, Pubblicazione No. 2 del Centro Studi Geologici dell'Appennino, C.N.R. & *Bollettino Societa Geologica Italiana* LXVII). В то время подвижность континентальной коры еще не рассматривалась в рамках концепции тектоники плит, которая тогда, к началу 1950-х годов, еще только формировалась.

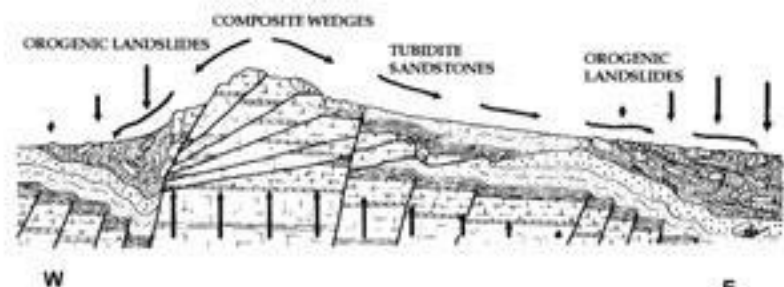


Упрощенная карта поля силы тяжести впадины Брадано (фрагмент карты силы тяжести Италии, CNR 1991).

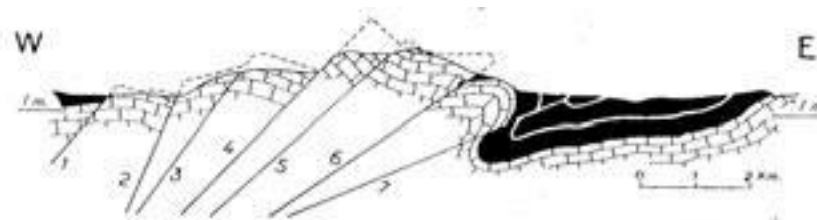
Тектоника плит считает столкновение блоков коры главной причиной возникновения зон сжатия и соответствующего сокращения размеров в направлении надвига. В пластичных породах в верхах разреза из-за этого возникает складчатость, а в твердых породах более глубоких зон образуются разломы и трещины.

Мильорини работал в основном с апеннинскими известняками из Лацио и Абруцци, где разрывные нарушения преобладают над складчатостью. Его полевые работы по профилям Э. Бенео (Е. Бенео) позволили построить модель возникновения деформаций района центральной части Апеннин, которая описывала четко различимые четыре структурных элемента, приподнятые один относительно другого (рис. 6). Для каждого из элементов характерны вызванные сжатием нарушения на западном фланге (крутопадающие разломы, которые ранее считали вертикальными) и на восточном фланге (пологие разломы с надвигами).

Он разделил модель на четыре тектонических элемента, отделенные один от другого и приподнятые из-за сокращения земной коры. Эту модель чаще называют «модель составных клиньев», в которой каждый клин ограничен как крутопадающими разломами на западном фланге, так и пологими разломами с надвигами на восточном фланге.



Широтный геологический разрез через центральную часть Апеннин в интерпретации Мильорини.



Геологический разрез г. Морроне (Абруцци, центральные Апеннины) по Бенео, с учетом повторной интерпретации Мильорини, подтверждает теорию составных клиньев.

Эти последние уже давно считались разломами с обратным залеганием. Мильорини предположил, что и крутопадающие разломы также связаны со сжатием земной коры, поскольку обнаружил широкое распространение брекчий трения и бороздчатости на зеркалах скольжения. Он понял, что плоскости разломов сходятся книзу, что дает

серию клиньев, которые он назвал составными, поскольку они сформированы из независимых тектонических элементов, образуемых пересечениями поверхностей разлома, сходящихся к некоторой точке на глубине.

Опираясь на это предположение, другой великий итальянский геолог проф. Джованни Мерла (Giovanni Merla) доработал теорию Мильорини и выдвинул идею, что образование клиньев происходило от Тирренского до Адриатического моря (сходящийся орогенез), и каждый клин вызывал оползни или мутьевые потоки, направленные к внешней части (к Адриатике). Это привело к появлению обширных аллохтонных покровов. Эта интерпретация противоречит позднейшему мнению об образовании аллохтонных покровов в результате субдукции Адриатической плиты под Апеннины. Модель также применима к другим горным цепям и дает механическое объяснение деформациям автохтонных тел.

Работы на нефть

Важная глава в биографии Мильорини началась в 1934 г., когда он организовал на Родосе ежегодный конгресс Итальянского геологического общества. Там он встретился со своим знакомым проф. Алессандро Мартелли (Alessandro Martelli), который не только был



Мильорини в последнем поле. Рувензори, Уганда. 10 февраля 1953 г.



Пескара, Италия, 15 сентября 1958 г. Джорджо Донцелли (слева) и его коллеги, участвовавшие в изучении геологии южной части центральных Апеннин. Рядом с Донцелли – Самуэле Сартони (Samuele Sartoni) – соавтор важной работы по биохронологии мезозойских карбонатов южных Апеннин; Рафаэле Каснеди, профессор нефтяной геологии Университета Павии; Орландо Вергетти (Orlando Veggetti), геолог и географ. На переднем плане рядом с Франческо Бокка (Francesco Bocchia), структурным геологом, присел Аугусто Форти (Augusto Forti) геолог и микропалеонтолог.

президентом Итальянского геологического общества, но и занимал в 1932–34 гг. должность президента Agip, а ранее, в 1927–32 гг., был министром народного хозяйства. Мартелли убедил Мильорини перейти в Agip, и в 1934 г. тот переехал с Родоса в Рим. Так он начал работать в нефтяной геологии и в 1934–43 гг. вел работы в Италии, Эритрее, Эфиопии, Somaliland, Сомали, Югославии, Венгрии, Румынии, Ливии и на архипелаге Дахлак.

В январе 1939 г. он возглавил в Agip геологические изыскания и исследования. Под его началом работали две партии, расположенные в Риме – геологическая во главе с Роберто Синьорини (Roberto Signorini) и геофизическая во главе с Тициано Рокко (Tiziano Rocco). В то же время он продолжал научную работу и в 1939 г. стал приват-доцентом в Университете Флоренции, где читал лекции.

С 1940 г. отдел Мильорини отчитывался непосредственно перед Исследовательско-производственным центром Agip's во главе с Карло

Цанматти (Carlo Zanmatti), который докладывал президенту компании. В то время он провел блестящие работы в районе Марке (Marche) в центре Италии, и внес значительный вклад в изучение геологии окрестностей г. Токко да Казаура (городок в Абруцци, где в 1901 г. родился основатель компании Western Geophysical Генри Сальваторе (Henry Salvatore). Мильорини, вопреки распространенным тогда теориям, предположил, что этот район имеет надвиговое строение. Эта идея была позднее подтверждена бурением.

В 1936–39 гг. он организовал и провел три экспедиции в Сомали и Огаден, где он получил важную геологическую информацию, но основные работы вел в Италии, где он достиг многих успехов благодаря техническим нововведениям и огромной профессиональной компетентности. Разведочные работы велись в рамках региональных программ. Американская компания Western Geophysical провела сейсморазведочные работы МОВ в долине р. По; внедрялся электрический каротаж; впервые в Европе проф. Энрико ди Наполи Альята (Enrico Di Napoli Alliata), князь Неаполитанский, для датировки и корреляции горизонтов применил микропалеонтологию.

Начало работам было положено в 1936 г., когда начальник геофизической практики был направлен в США на стажировку по сейсморазведке, причем без разрешения правительства.

От Мильорини не ускользнуло ни одно место в Италии от впадины Брадано до Сицилии, от Абруцци до долины По, где он рекомендовал разбурить сейсмические структуры, совпадающие с аномалиями поля силы тяжести. В конце войны, в 1944 г. он ушел из Agip, отказавшись уехать из Рима на север Италии со штаб-квартирой компании. После войны он продолжал геологические работы с различными компаниями, сначала в Италии с Англо-Иранской нефтяной компанией (Anglo-Iranian Oil Company), во впадине Брадано с RPM, и в Сомали с Sinclair. Он также работал консультантом в Montecatini при поисках нефти в Абруцци и на залежах серы на Сицилии.

В 1952–53 гг. он провел свои последние полевые работы по поиску источников геотермальной энергии в Лардерелло (Тоскана) и в Уганде, где он оценивал возможности по использованию этого вида энергии.

Поездка в Уганду оказалась последним полем. Его время вышло и 4 марта 1953 г он умер на руках у жены в возрасте всего 62 лет. Он похоронен во Флоренции на Лавровом кладбище (www.florin.ms/allori.html), а его наследием ныне пользуются новые поколения геологов.

Мильорини всегда хотел высказать свои идеи и поделиться своим опытом. Он любил открытую дискуссию, в которой при обмене взглядами с другими людьми рождались новые идеи и теории. Именно ему принадлежат слова: «Исследование должно удовлетворять любопытство, а не амбиции.»

Его подход к задачам вытекает из его замечательной способности к синтезу и глубокой преданности делу. В свободное время он «развлекался», обходя район работ, делая замеры, строя диаграммы и работая с данными, собранными за многие годы. Он скромно называл свои способности следствием «любопытности», но мы думаем иначе. Он сам был блестящим геологом и вдохновлял других – говорили после его смерти его многочисленные коллеги по науке и производству.

А. Аццаролли (A. Azzaroli) в работе *J. Soc. Bibl.Nat. Hist.* Vol. 3, Part 2, 1955, писал: «В разговоре он был весьма проницателен и действовал как свежий бриз, и это ясно говорило о его подвижной оптимистической натуре. Он любил ясность и избегал всяких форм компромисса. В отношениях с другими он был абсолютно открыт, что иногда считали проявлением негибкого характера, но сам он не переносил лицемерия».

Многие итальянские геологи – преемники идей Мильорини успешно применяли его наследие в науке и в нефтяной промышленности. Среди его последователей отметим профессора Университета Флоренции Джованни Мерла (Giovanni Merla, 1906- 1984) и его книгу «Геология северных Апеннин», опубликованную Бюллетенем Итальянского геологического общества в 1951 г.; Марио Казонато (Mario Casonato, 1922-1964) из компании Agip, который несколько лет работал в Альпах и заложил в 1962 г. скважину Контурси-1; и Джорджо Донцелли (Giorgio Donzelli, 1929-1969) из Montecatini, который, используя теорию составных клиньев, заложил в 1957 г. скважину Маджелла-1.

Благодарности

Авторы искренне благодарят Эндрю МакБарнета (Andrew McBarnet) за редактирование этой статьи с точки зрения английского языка, а главное – за то, что он сделал простой текст живым и страстным.