

Представления студентов колледжей о геологических явлениях и их важность для процесса преподавания. College student conceptions of geological phenomena and their importance in classroom instruction

Julie C. Libarkin,¹ Геологический факультет Мичиганского университета, показывает, что для эффективного обучения преподаватель должен иметь представление о том, как учащиеся воспринимают материал, который он собирается объяснять.

Геологические науки занимают уникальное положение в системе STEM (наука, технология, инженерия и математика). В то время как в других областях науки многие положения нельзя непосредственно увидеть, геологические процессы по существу невозможно наблюдать, за исключением некоторых изменений поверхности, происходящих в настоящее время. Недоступность геологического времени и процессов, происходивших в период формирования Земли, предполагает, что на идеи студентов влияют какие-то иные соображения, кроме наблюдений. Осмысление геологии может происходить под влиянием непосредственных наблюдений, изучения чужого опыта, а также аудиторного обучения (Таблица 1).

Изучение научных представлений

Понимание студентами научных концепций и влияние преподавания на студенческие представления является многообещающим полем для исследований (например, Oliva, 2003). На уровне колледжей, значительные работы были проведены по математике (Adams, 1997), физике (Lewis и Linn, 1994), и химии (Basilie и Sanford, 1991), исследования в области биологии (Windscitl и Andre, 1998; Anderson и др., 2002) и геологии (Dodick и Orion, 2003; Libarkin и др., 2005) были быстро подхвачены и в других дисциплинах.

Оценка теоретических представлений о Земле традиционно проводится для учащихся 12 класса (DeLaughter et al., 1998; Trend, 2000; Libarkin et al., 2005; Dahl et al., 2005; Libarkin и Anderson, 2005). Качественные исследования в основном сконцентрированы вне Соединенных Штатов (Happs, 1984; Marques and Thompson, 1997; Trend, 2000; Dodick and Orion, 2003), и на тех американских студентах, которые обучаются в подготовительных колледжах. (Schoon, 1992; Gobert and Clement, 1999; Gobert, 2000). В сентябре 2005 *Journal of Geoscience Education* (JGE) обратился к теме теоретического образования студентов, и представил значительные дополнения к существующим концепциям, особенно в отношении изучения гео-наук в высших учебных заведениях. Широкий массив исследований, представленных в этом

номере журнала, включает как качественные, так и количественные оценки, охватывая темы от радиоактивности до изменений климата и тектонических плит, и представляет собой широчайший обзор любых более-менее интересных альтернативных студенческих представлений о Земле. Этот специальный номер доступен для просмотра на сайте: <http://nagt.org/nagt/jge/abstracts/sep05.html>.

Рост исследований качества преподавания физики в колледжах (см. Kurdziel and Libarkin, 2001 для обсуждения) привел к значительным изменениям в способах преподавания, а также показал важность исследований в области физического образования для академической науки (Gonzales-Espada, 2003). Обзор физических представлений (Force Concept Inventory, FCI; Hestenes et al., 1992) в начале 1990х разительно изменил взгляд физиков на преподавание и изучение физики на уровне колледжей. Последующее развитие качественных способов оценки в других дисциплинах, в частности, в биологии (Anderson, 2002), физике (Yeo and Zadnick, 2001), астрономии (Zeilik et al., 1999), и геофизике (Libarkin and Anderson, 2005; Libarkin and Anderson, 2006) может значительно изменить взгляд преподавателей на способы преподавания. Например, Список геофизических концепций (Geoscience Concept Inventory (GCI)) используется более 100 преподавателями для оценки аудитории. GCI доступен на сайте: <http://www.msu.edu/~libarkin>.

Научные представления студентов

Опытным преподавателям часто требуется время, чтобы поверить в представления студентов, выявленные указанными выше исследованиями. В моих исследованиях я сталкивался и с научными работниками, и с преподавателями, которые полагали, что студенты колледжей не могут иметь такие же "альтернативные" научные представления, как учащиеся 12-х классов средней школы. Например, геофизики откликались на вопрос о магнитном поле Земли вопросом, 'Существуют ли разумные люди, которые полагают, что Земля не имеет магнитного поля?' В действительности, наши исследования показывают

¹ libarkin@msu.edu.

* Эта статья впервые появилась в журнале *Planet* (Vol 17), публикуемом *Geography, Earth and Environmental Sciences (GEES) Subject Centre*, находящимся в Плимутском Университете.

Обучение и практика

Источник информации	Вопрос	Пример ответов студентов колледжей	Объяснение
Личный опыт	Вы упомянули, что платформы сдвигаются друг относительно друга, почему?	'...Я предположил бы, что все происходит как в толпе людей, когда мы стоим плечом к плечу, и кто-то кого-то толкает, и другой толкает следующего'	Личный физический опыт нахождения в толпе используется для объяснения движения платформ
Чужие впечатления	Представьте, что гигантский нож разрезал Землю. Как выглядит Земля внутри?...Откуда Вы почерпнули Ваши представления?		Нарисованная модель почерпнута из американских ТВ программ или чтения популярных серийных изданий
Объяснения	Если бы у вас была машина времени и вы могли бы отправиться в прошлое, в момент первичного формирования Земли. Как вы думаете, как выглядела Земля в этот период?	«Не знаю точно. Я знал это, когда был маленьким, я думаю, это показывали в THE MAGIC SCHOOL BUS. Я не уверен, что это правильно.» '...Я думаю, что вся суши представляла один материк, окруженный водой.'	В Америке теории, связанные с существованием сверхконтинента (Пангея), изучаются в 3-м классе (8-9 лет).

Таблица 1 Примеры источников информации, которые могут влиять на научные представления студентов.

что по крайней мере несколько студентов, обучающихся у этих преподавателей, не знают о существовании магнитного поля Земли. И даже еще большее число студентов полагают, что магнетизм и гравитация связаны, и что материки, люди и другие тела на Земле "оторвутся" от поверхности, если магнитное поле исчезнет. Преподаватели считали, что большинство вопросов, предлагавшихся в ходе тестирования для составления Списка геофизических представлений (GCI: Libarkin and Anderson, 2005; Libarkin and Anderson, 2006), слишком просты для студентов колледжей. Например, они были уверены, что студентам хорошо известно, что облака состоят из воды. Фактически же, 38% из 997 студентов колледжей, посещавших геологические курсы по выбору, полагали, что облака представляют собой пустые контейнеры, заполненные водой и/или загрязнениями.

Этот разрыв между восприятием преподавателей и реальными представлениями студентов, которые они получают в ходе обучения, показывает, что выявление и обсуждение этих представлений должно быть существенной частью процесса образования, как было предложено после проведения исследований в 12 классах средней школы.

Слишком широкий диапазон вопросов, попадающих в определение "геофизический", не позволяет привести здесь полный обзор заблуждений студентов. Тем не менее, предложения как лучше устранить эти заблуждения, могут оказаться полезными, поэтому ниже я приведу несколько примеров из собственного опыта. Я лично повторял многие из них на своих занятиях, чтобы возбудить в студентах желание познания и начать обсуждение научных моделей, которые я собирался преподавать. Обдумывая студенческие представления, я нашел полезным искать ответы на четыре вопроса:

Обучение и практика

1) Какое понятие в Вашем предмете является наиболее важным, из того, что Вы хотели бы объяснить (например, гравитация)?; 2) Простые вопросы, которые Вы уже задавали или могли бы задать Вашим студентам об этом понятии?; 3) Не будет ли полезным узнать мнение студентов по этому вопросу до начала объяснения? 4) Как ответы студентов изменили бы ваше объяснение?

Существуют различные способы привлечения студентов к обдумыванию собственных представлений и идей, многие из которых обсуждаются Angelo и Cross (1993) в их книге, *Classroom Assessment Techniques*. Хотя они не дают подробных рекомендаций по использованию описываемых методов для изучения научных концепций, но это, безусловно, подразумевается. Я представлю здесь несколько таких методик, как возможность способствовать использованию в классе, так и поделиться некоторыми общими концепциями, носителями которых являются студенты. Все представленные ниже методики могут быть использованы для поощрения студентов обдумывать собственные идеи самостоятельно, обсуждать в малых группах, а также отдавать должное различным идеям среди сверстников. Чтобы студенты отвечали искренне и не боялись ошибиться, я даю возможность завершить задание, не обращая внимание на научность или не-научность их предположений. Кроме того, ответы на эти короткие вопросы можно собирать и использовать для тестов, на которые студенты могут отвечать голосованием (поднятием рук или с помощью электроники). Это создаст дополнительное поле для обсуждения

"Быстрые" вопросы

Короткий вопрос и письменное задание на несколько минут дают студентам представление о теме лекции до начала объяснения, а преподавателю – некоторую оценочную информацию. Например, я задаю моим студентам в колледже следующий вопрос: 'Что такое гравитация и что приводит к гравитации?' Часто студенты путают гравитацию и магнетизм, давление воздуха, вращение Земли и/или положение Земли в Солнечной системе. Обычно письменные ответы не дают объяснения или иллюстрируют другие изучаемые понятия. Например, в ответах на этот вопрос студенты писали: '9,8 м/с²', 'То, что привязывает нас к Земле', и 'Только Земля имеет гравитацию'. Последний ответ дается большим количеством студентов на всех курсах, что показывает трудности понимания процессов, связанных с гравитацией, например, притягивание тел другими планетами.

ВОПРОС

У Тони был кусок горной породы черного цвета, не отражающий свет. Тони разломал его – внутри он оказался абсолютно таким же, как и снаружи. Тони утверждает, что сможет из этой породы получить железо. Что думаете Вы?

Мысленные эксперименты

Перед началом изучения новой темы можно попросить студентов ответить на короткий тест, который даст более глубокий взгляд на представления студентов. Очень показательным может оказаться мысленный эксперимент, ответ на который не обязательно может быть правильным или неправильным.

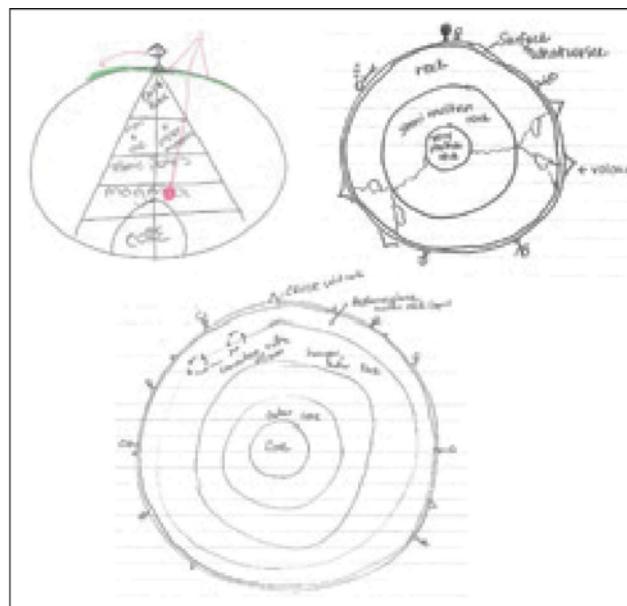


Рисунок 1 Примеры, как студенты изображают строение Земли. А) Этот рисунок представляет упрощенную модель, предstawляемую небольшим числом студентов. Обратите внимание, что модель линейная, а не сферическая. Кроме того, такие ключевые моменты, как тектонические плиты и магма, представлены в виде слоев. Ядро находится на дне, а не в центре Земли. В) Здесь представлена более часто встречающаяся модель строения Земли. Многие Американские студенты колледжей полагают, что лава образуется в ядре Земли. Этот рисунок был сделан после объяснения строения вулканов, где говорилось, что магма находится в бассейнах прямо под поверхностью Земли. Заметьте, что этот студент смешивает модели центрального и бассейнового происхождения. Он также использовал для обозначения сферические слои как термины для состава (породы), так и для физического состояния (расплав). С)Более развитая модель, представленная небольшим числом студентов до начала объяснения. Заметьте, что этот студент использовал для обозначения нескольких слов научную терминологию, и в некоторых случаях дал пояснения. Процессы в конвекционных ячейках также упомянуты.

ОТВЕТЫ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖЕЙ

Нет, камень является невидимым. Нет, это каменный уголь. Нет, т.к. железо отражает свет. Да, порода является базальтом. Да, частицы железа слишком малы, чтобы их увидеть. Может быть, порода может содержать железо.

Таблица 2 Пример экспериментального вопроса и ответов студентов.

Обучение и практика

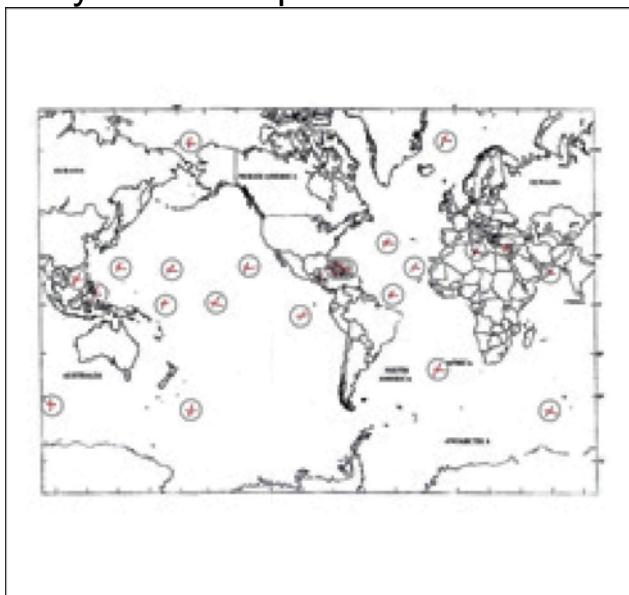


Рисунок 2 Пример изображения карты, иллюстрирующей представления студентов о глобальной связи расположения вулканов. Заметьте, что студент расположил большинство вулканов вдоль экватора. Этот студент пояснил такое расположение следующим образом: '...большинство вулканов так горячи, что, видимо, должны располагаться в теплой зоне.' Возможно, объяснение связи между границами тектонических плит и вулканами привело студентов к выводу, что по экватору проходит тектоническая граница.

Обратите внимание на широкий диапазон ответов на вопрос в Таблице 2. Некоторые студенты полагают, что невидимость и неспособность отражать свет – одно и то же, другие считают, что цвет породы связан с ее составом (содержанием металлов). Этот пример показывает ход мыслей студентов, что можно использовать для построения урока о полезных ископаемых и их добыче.

Рисунки

Рисунки – наиболее удобный метод для сбора представлений студентов, особенно в такой дисциплине, как геология. Студенты очень хорошо изображают свои модели, и это, как правило, не занимает больше 10 минут, часто, около минуты. Рисунки наиболее информативны, когда студентов просят отвечать как можно подробнее и указывать все особенности. Обсуждение рисунков в парах или малых группах также позволяет студентам осознать общие стороны и различия между моделями, которые их сверстники приносят в класс. Перед объяснением внутреннего строения Земли можно задать студентам следующий вопрос: Если бы у вас был гигантский нож, и вы могли бы разрезать Землю пополам, что бы Вы увидели внутри? Сделайте пояснительные пометки, дайте объяснения техническим терминам.

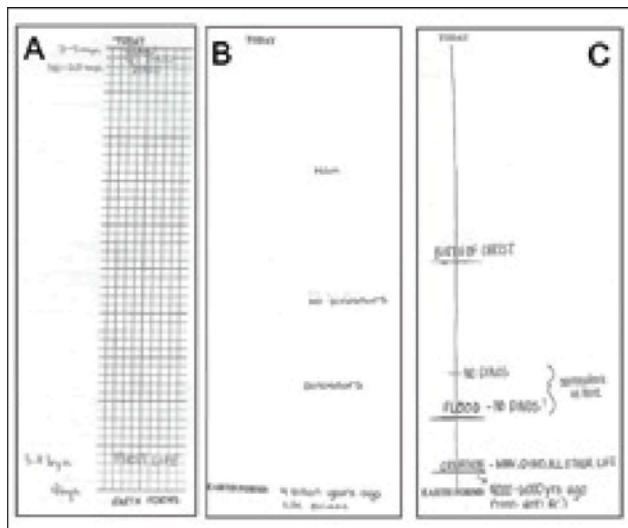


Рисунок 3 Хронометрические шкалы, изображаемые студентами. А) Хронометрическая шкала, где абсолютные даты и их относительное местоположение близки к научной модели. Этот временной график очень близок принятой научной модели. В) Студент путает научные и не-научные представления. В этом случае студент полагает, что жизнь возникла в период первичного формирования Земли. Слова 'Permian extinction? 50 туда? Not sure' появились рядом с 'NO DINOS' [Исчезновение динозавров] на первоначальном рисунке. С) Студент с выраженным креационистским (божественным) представлением об истории Земли Student (из Libarkin et al., в печати).

Изобразите на рисунке людей и вулканы. Почему вы построили такую модель? Откуда вы взяли свои идеи (воображение, школа, книги, ТВ)? Разнообразие студенческих идей, документированное с помощью такого задания, очень показательно для планирования объяснения альтернативных концепций (Рис. 1).

Дополняющие рисунки

Кроме рисования моделей, можно попросить студентов дополнить рисунок или карту. Это направляет студентов к определенному типу ответов и помогает избежать замешательства, возникающего у некоторых студентов. Для этого типа заданий можно использовать геологические или топографические карты, фотографии, фотографии со спутников и схемы сечений. Например, можно попросить студентов отметить на карте мира места, где, по их мнению, расположены вулканы. (Рис. 2), или нарисовать хронологическую шкалу, показывающую, когда происходили различные события истории Земли. (Рис. 3).

Обсуждения. Собеседования с отдельными студентами или группами могут проводиться преподавателем на небольших курсах или во время факультативов, и могут занимать от 5 минут до 1 часа. Студенты могут также опрашивать друг друга в ходе занятий. Короткие вопросы, которые задаются

Обучение и практика

студентами друг, могут оказаться наиболее полезными для понимания. Пример учеников начальной школы (12 лет) особенно впечатляет. Два вопроса: "Что такое облака?" и "Почему идет дождь?" были налом этого опроса. Ученица представила полную модель, показывающую связь между структурой облаков, дождем и загрязнением окружающей среды. Вкратце, она заявила следующее: 1) Облака состоят из воды и загрязнений; 2) Дождь идет, когда облака переполняются загрязнениями и становятся тяжелыми; 3) Загрязнения представляют собой в основном мусор (пакеты, бумага, банки), который растворяется в воде; и 4) Вода с мусором испаряется. Испарение происходит, когда ветер поднимает воду и мусор в воздух. Эта модель вызывала другие вопросы по поводу роли людей в выпадении осадков:

Спрашивающий: Если люди создают загрязнения, и загрязнения вызывают дождь, то были ли дожди до появления людей на Земле? Ответ: Нет, я так не думаю. Я читала книги о динозаврах, они были гораздо раньше, чем появились люди. На картинках в этих книгах я не видела облаков, только ясное небо и солнце....

Эта беседа показывают, какую значительную информацию о представлениях учащихся можно почерпнуть из простого обмена мнениями между студентами.

Выводы

Студенческие альтернативные концепции дают ясное представление о том, как учащиеся воспринимают явления природы, что они думают о причинах этих явлений, и как они экстраполируют свои размышления в новую ситуацию. Преподаватель должен осознавать, что студенты приходят в класс с разнообразными идеями по поводу простых и сложных явлений природы. Например, факт, что большинство студентов заявляет, что они изучали гравитацию или тектоническое строение на подготовительных курсах, не означает, что они поняли объяснение этих явлений. Использование простых методов для выявления представлений учащихся, описанных выше, дает преподавателю возможность сподвигнуть студентов на обдумывание собственных идей. Кроме того, преподаватель сможет направить объяснение на устранение наиболее сложных моментов, выявленных в ходе этой работы.

Список литературы

Anderson, D.L., Fisher, K.M., and Norman, G.J. [2002] Development and validation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 952-978.
 Angelo, T.A. and Cross, P.K. [1993] *Classroom Assessment Techniques* (2nd ed.). Jossey-Bass, San Francisco. Basili, P.A. and Sanford, J.P. [1991] Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry.

- Journal of Research in Science Teaching*, 28, 293-304.
 Dahl, J., Anderson, S.W., and Libarkin, J. [2005] Digging into Earth science: Alternative conceptions held by K-12 teachers. *Journal of Science Education*, 12, 65-68.
 DeLaughter, J.E., Stein, S., and Stein, C.A. [1998] Preconceptions abound among students in an Introductory Geoscience Course. *EOS*, 79, 429-432. Dodick, J. and Orion, N. [2003] Cognitive factors affecting student understanding of geologic time. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 415-442. Gobert, J.D. [2000] A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22, 937-977.
 Gobert, J.D. and Clement, J.J. [1999] Effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamic knowledge in plate tectonics. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 39-53.
 Gonzales-Espada, W.J. [2003] Physics education research in the United States: A summary of its rationale and main findings. *Revista de Educacion en Ciencias*, 4, 5-7. Happs, J.C. [1984]. Soil generation and development: view held by New Zealand students. *Journal of Geography*, 83, 177-180.
 Hestenes, D., Wells, M., and Swackhamer, G. [1992] Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
 Kurdziel, J. and Libarkin, J.C. [2001] Research Methodologies in Science Education: Assessing Students' Alternative Conceptions. *Journal of Geoscience Education*, 49, 378-383.
 Lewis, E. L. and Linn, M. C. [1994] Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 657-677. Libarkin, J.C. Kurdziel, J.P., and Anderson, S.W. [2007, in press] College student conceptions of geological time and the disconnect between ordering and scale. *Journal of Geoscience Education*,
 Libarkin, J.C., and Anderson, S.W., 2006, The Geoscience Concept Inventory: Application of Rasch Analysis to Concept Inventory Development in Higher Education: Rasch Applications in Science Education, ed. X. Liu and W. Boone, JAM Publishers, p. 45-73.
 Libarkin, J.C. and Anderson, S.W. [2005] Assessment of Learning in Entry-Level Geoscience Courses: Results from the Geoscience Concept Inventory. *Journal of Geoscience Education*, 53, 394-401.
 Libarkin, J.C., Anderson, S.W., Dahl, J., Beilfuss, M., Boone, W., and Kurdziel, J.P. [2005] Qualitative analysis of college students' ideas about the Earth: Interviews and open-ended questionnaires. *Journal of Geoscience*

Education, 53, 17-26.

Marques, L. and, Thompson, D. [1997] Misconceptions and conceptual changes concerning continental drift and plate tectonics among Portuguese students aged 16-17. *Research in Science and Technological Education*, 15, 195-222.

Oliva, J.M., 2003, The structural coherence of students' conceptions in mechanics and conceptual change: *International Journal of Science Education*, v. 25, p. 539-561. Schoon, K.J. [1992] Students' alternative conceptions of Earth and space. *Journal of Geological Education*, 40, 209-214.

Trend, R. [2000] Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. *International Journal of Science Education*, 22, 539-555. Yeo, S. and Zadnick, M. [2001] Introductory thermal concept evaluation: Assessing Students' Understanding. *The Physics Teacher*, 39, 496-503.

Zeilik, M., Schau, C., and Mattern, N. [1999] Conceptual astronomy. II. Replicating conceptual gain, probing attitude changes across three semesters. *American Journal of Physics*, 67, 923-927.