

## Using geosimulators to enhance field-based geological training

Применение компьютерных геотренажеров для улучшения работы на учебных полевых практиках

**Бьорн Сётер (Bjorn Søther)<sup>1</sup>, Стале Эмиль Йохансен (Stale Emil Johansen)<sup>2</sup>, Джонни Хестхаммер (Jonny Hesthammer)<sup>3</sup>, Олаф Сольбаккен (Olav Solbakken)<sup>4</sup> и Кари Элен Синнестведт (Kari Ellen Synnøstvedt)<sup>5</sup>** рассказывают, как новаторское применение компьютерной техники помогает студентам университетов и работникам нефтяных компаний успешно изучать науки о Земле

**Введение**  
Получение информации в ходе полевых геологических изысканий необходимо для понимания геологических процессов, поэтому обучение навыкам полевых работ и полевые практики традиционно входят в программу высшего геологического образования. Поскольку нефтяная отрасль все сильнее ориентируется на компьютерные технологии, необходимость дорогостоящих полевых исследований становится труднее обосновать, а роль их — становится решающей.

Эта статья рассказывает о пилотном проекте, в котором компьютерные технологии являются неотъемлемой частью полевой практики. Объединение широкого спектра геологической и геофизической информации в специально разработанном пакете программ SVALSIM позволяет студентам на практике проходить обучение в интерактивном режиме. SVALSIM включает в себя цифровую модель территории (созданную по той же технологии, что в авиатренажерах), дополненную различной геологической информацией, в том числе геологическими картами, разрезами, фотографиями, каротажными диаграммами, сейсмическими данными, а также аудио-, видео- и текстовыми материалами.

Пример внедрения этой технологии в учебную геологическую практику описан Хестхаммером и др. (Hesthammer *et al.*, 2002). Дополнительная информация доступна в Интернете ([www.sim.no](http://www.sim.no) и [www.learninggeoscience.net](http://www.learninggeoscience.net)). SVALSIM частично представлен на сайтах [www.statoil.com](http://www.statoil.com) (разделы Topics, Geo2000) и [www.scanviz.org/Media/SvalSim.htm](http://www.scanviz.org/Media/SvalSim.htm).

### Традиционные полевые

### практики в науках о земле

Геолог в широком смысле слова должен понимать процессы разного масштаба от геологической истории региона до химических реакций между минералами на микроуровне, а также знать поисковые признаки полезных ископаемых и способы коммерческого использования последних. Традиционно обучение наукам о земле сочетает аудиторные, лабораторные и полевые занятия.

Полевые учебные практики, как для студентов, так и для специалистов обычно проводятся в виде полевых курсов или полевых работ. Полевые курсы, как правило, имеют четкую программу и проводятся в течение 1-2 недель на ограниченном числе объектов (рис. 1).

Полевые курсы предполагают наличие навыков умственной работы.

сочетающей визуальные наблюдения и теоретическое понимание сложных процессов. Обучение в поле предполагает интенсивную работу и требует, чтобы у студентов было достаточно времени для обобщения наблюдений, сделанных на различных объектах. Очень важна предварительная подготовка, поэтому методические руководства и учебные пособия выдаются заранее, чтобы студенты могли подготовиться к решению учебных задач, с

которыми они столкнутся в поле. Студенты ВУЗов обычно представляют результаты полевых работ в виде письменного отчета, который составляется по завершении курса, в то время как специалисты зачастую отчитываются по результатам в виде коротких лекций прямо в поле. Отчеты о полевых работах бывают довольно обширны и могут стать частью выпускной работы.

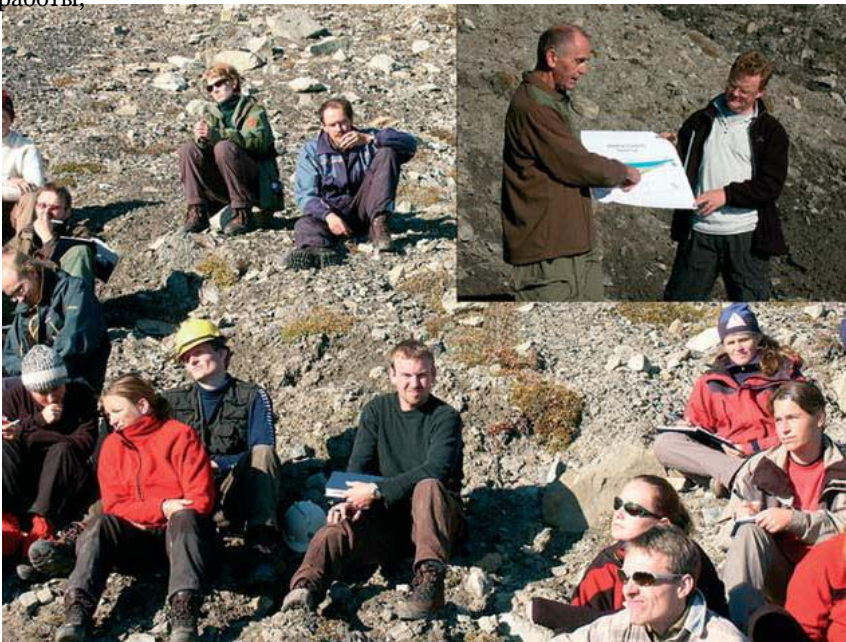


Рис. 1. Студенты на обнажении на острове Шпицберген. Преподаватель ставит задачу для самостоятельного маршрута.

<sup>1</sup>Statoil ASA, Research and Technology, Postuttak, N-7005 Trondheim, Norway ([bsae@statoil.com](mailto:bsae@statoil.com))

<sup>2</sup>Norwegian University of Science and Technology, Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, S.P.Andersensveg 15 a, Valgrinda, NO-7491 Trondheim, Norway ([staaleej@online.no](mailto:staaleej@online.no)) <sup>3</sup>University of Bergen, Department of Earth Sciences, Allegaten 41, NO-5007 Bergen, Norway ([jonny.hesthammer@geo.uib.no](mailto:jonny.hesthammer@geo.uib.no)) <sup>4</sup>Gaviatech, Overlege Brattsveg 66, NO-7027 Trondheim, Norway ([OSO@gaviatech.no](mailto:OSO@gaviatech.no)) <sup>5</sup>Oppløringskontoret, Melhus kommune, NO-7224 Melhus, Norway ([KariEllen.Synnøstvedt@Melhus.kommune.no](mailto:KariEllen.Synnøstvedt@Melhus.kommune.no))

## Цифровые модели местности в полевых курсах

В основу геотренажера, такого, как SVALSIM (SVALbard geoSIMulator), положена идея создать инструмент, который позволяет «реалистично» провести полевой курс на компьютере для помощи в подготовке к практике, в ходе нее, и по завершении фактических полевых работ. Хотя SVALSIM создан для усиления, а не для замены полевых работ, его можно использовать и как самостоятельное средство обучения. Существует много программ 3D-визуализации, например геоинформационные системы, но пакетов, нацеленных на использование цифровых моделей местности (ЦММ) в учебных полевых практиках на рынке на момент начала работ не было. Некоторые программы других разработчиков использовались как основа концепции геотренажера (см. [www.sim.no](http://www.sim.no), раздел Geo2000), но большую часть программы пришлось писать с нуля.

Основой программы SVALSIM является модуль, содержащий цифровую модель местности (ЦММ) арктического острова Шпицберген (норв. Свальбард), дополненную геологической информацией в виде карт, разрезов, скважин, сейсмических профилей, фотографий обнажений, космических снимков и т. д. В главном модуле есть ссылки на меньшие модули электронного обучения (Nesthammer 2003) по выбранным темам. Есть ссылки и на внешние ресурсы, обычно в зависимости от концепции программы SVALSIM опробованы с привлечением студентов в ходе полевого курса по геологии в Юте, где использовалась цифровая модель местности в виде развитого авиатренажера на базе персонального компьютера, которая обеспечивала общий и детальный просмотр ряда объектов (Fossen *et al.* 2001, Nesthammer *et al.* 2002).

Пользовательский интерфейс программы SVALSIM разработан с учетом двух основных задач. Во-первых, студент должен участвовать в учебном процессе, основанном на визуальном наблюдении и личном участии, что соответствует обычным полевым работам. Во-вторых, у студента должна быть возможность

применять программу и нести ответственность за индивидуальный учебный план. Весь процесс разработки занял два года. Средства, подобные программе SVALSIM основаны на принципах обучения через эксперимент и проблемно-ориентированного обучения, то есть учащиеся решают задачи, путешествуя по виртуальному ландшафту в поисках геологической информации или геофизических данных. Задачу такого обучения ставит обычно преподаватель, но выбор способа обучения или поиска нужных данных остается за студентом под его ответственность.

## Ответственность за учебу

Проблемно-ориентированное обучение (ПОО) как педагогический метод вызывает большой интерес в различных образовательных структурах и обращен, очевидно, как к студентам, так и к преподавателям. У Норманна и Шмидта (Normann and Schmidt, 1992) есть обзор психологических основ ПОО, основы метода рассмотрены в работах Маргетсона (Margetson, 1993 & 1996). Основные особенности ПОО очень хорошо изложены также Хардом аф Сегерстадом (Segerstad *et al.* 1999). Во-первых, студент помещается в центр учебного процесса. Во-вторых, значительный упор делается на место частной задачи в более широком контексте. В-третьих, студент сам управляет процессом своего обучения. Наконец, студент, совместно с товарищами, может формулировать новые положения. В рамках ПОО роли учителя и ученика изменяются. Учитель становится скорее наставником (см. Donaldson and Huges Caplow, 1996, Eagle *et al.* 1992), а ученик вынужден в большей степени управлять собственным обучением. Чтобы студенты могли управлять процессом обучения в рамках ПОО, они должны иметь определенные знания и способности. (Naper Jensen in Bjorgen 2001).

## Дидактические категории

В работе 1993 г. Квели (Kveli 1993) говорит: «Каждый момент обучения уникален и требует отдельного решения, хотя определенные элементы являются общими для всех форм обучения».

Такие общие элементы называют дидактическими категориями (элементами учебного плана), и успех обучения зависит от способности проследить связь между этими категориями. В современной норвежской педагогической литературе принята модель дидактических отношений Бьерндаля – Либерга (Bjorndal and Lieberg, 1978), определяющая следующие категории:

- Цели обучения
- Содержание
- Ограничения
- Оценка
- Обучающие действия

## Требования

### к ученику и учителю

SVALSIM и его модули разработаны для студентов-геологов (в широком смысле) выпускных курсов и геологов и геофизиков, работающих в нефтяной отрасли. Программу можно использовать и для инженеров-эксплуатационников. Кроме того, открытая структура делает SVALSIM полезным для преподавателей, готовящих полевые практики в других местах (не на Шпицбергене). Все пользователи должны владеть навыками работы с компьютером. Использование программы может быть полезно и для студентов младших курсов, но им лучше работать с инструктором. Важное условие - умение брать на себя ответственность за учебу.

## Цели обучения

Для SVALSIM поставлено пять целей обучения:

- Изучить основы геологии в ходе изучения истории геологического развития Шпицбергена
- Понять некоторые геологические процессы
- Уяснить связи между геофизическими данными, результатами анализов и геологическим строением
- Научиться работать в поле
- Выяснить связь геологических оценок и коммерческого потенциала

## Ограничения

SVALSIM должен быть полезен при подготовке к полевым работам, в ходе работ и по их завершении. Программа должна также приносить пользу, если реальные полевые



работы не проводятся. Для применения в поле SVALSIM должен работать на переносных компьютерах. Далее, SVALSIM должен обеспечивать как индивидуальную, так и групповую работу, в камеральных и полевых условиях, должен быть рассчитан на практику продолжительностью около недели.

### Оценки

Один из методов оценки состоит в подготовке студентом собственного обучающего модуля (Hesthammer 2003) в Microsoft PowerPoint, и основан на формальных требованиях к содержанию и оформлению модулей. Такая форма оценки применима во всех вариантах использования SVALSIM. Второй метод оценки состоит во включении студентом новых полевых результатов (цифровых фотографий, видеофрагментов, графики и текста) в состав SVALSIM.

### Обучающие действия

При работе в SVALSIM студент движется, как в авиатренажере, по виртуальному ландшафту Шпицбергена в поисках геологической информации. Сами элементы ландшафта предоставляют студенту новую геологическую информацию. В реалистичный ландшафт внедрена виртуальная среда геологических знаний, в которой студент выполняет учебные задачи с целью расширения собственных знаний. В ряде случаев учебные задачи определяются кем-то другим (поручения), а в других случаях студент должен в одиночку выбрать, что и как изучать. Важной предпосылкой при проектировании SVALSIM было требование минимального контроля за обучающими действиями.

### Проектирование и разработка SVALSIM

При разработке виртуальной обучающей среды упор был сделан на максимально реалистичный вид местности. Проще всего эта цель достигается с использованием концепции хорошо проверенных авиатренажеров (например, Microsoft Flight Simulator). Одна из основных проблем состоит в том, чтобы дать возможность работать с очень большими объемами данных на имеющихся персональных компьютерах с процессорами Intel без

ожидания ответа. В то же время система должна допускать показ на большом экране, в том числе и в трехмерном варианте со стереочками, с использованием скоростных графических платформ (SGI).

Размер сетки цифровой модели местности в SVALSIM составляет 22000 x 27000 точек данных, что дает модель из более чем миллиарда треугольников. Для работы с такими объемами данных на сравнительно маломощном (512 MB RAM) компьютере требуется сокращение объемов данных. Сокращение объемов достигается путем непрерывного, в реальном времени, перераспределения данных, обеспечивающего доступ к достаточному количеству деталей по мере надобности. Такой блоковый метод сокращения объемов данных хорошо работает на дисках с малым временем доступа и высокой скоростью передачи данных. В любой момент работы SVALSIM можно изменить степень устойчивости к ошибкам.

Создание реалистичной виртуальной местности включает покрытие рельефа текстурной заливкой; для Шпицбергена, где растительности мало, это относительно просто. С учетом высот, углов падения и простираения склонов и ледников для Шпицбергена разработана «летняя текстура». Цифровую модель местности можно залить разными текстурами. В программе SVALSIM есть две глобальных текстуры: 1) текстура космического снимка Landsat и 2) цвет возраста породы. (Рис. 2).

Пользовательский интерфейс реализован в виде панели управления приемника GPS, которую можно настраивать в соответствии с конкретными нуждами пользователя. Вблизи объектов исследования автоматически открывается доступ к ресурсам, связанным с этим объектом. Для навигации нужна стандартная трехкнопочная мышь, но можно использовать джойстик или трекбол. Интерфейс прост и интуитивно понятен: (1) в окне навигации показаны координаты, высота и скорость (при «полете»), (2) в другом окне показаны доступные путевые точки (положения объектов), для которых (3) в третьем окне доступны ресурсы

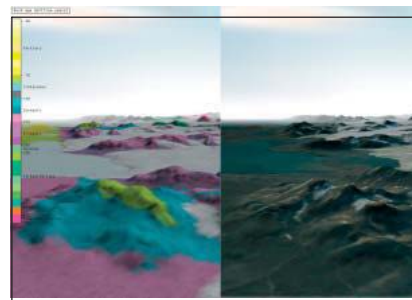


Рис. 2. Рабочий экран SVALSIM. Видны искусственный купол неба и эффект тумана на заднем плане. На кадре справа – текстура космоснимка, слева – заливка цветом возраста породы.



Рис. 3. Интерфейс очень прост и интуитивно ясен. Левое меню – навигатор, сообщающий пользователю о положении, высоте и скорости (при «полете»). В среднем меню дан список путевых точек и мест, где доступны локальные данные (ресурсы). При щелчке мышью на путевой точке тренажер автоматически переходит на нее и открывает доступ к связанным с ней ресурсам. Эти локальные данные можно выбрать щелчком мыши на локальном меню.

Некоторые данные глобальны и доступны независимо от положения пользователя; некоторые данные (ресурсы) локальны и доступны только вблизи определенных мест (путевых точек). Кроме местности и текстур можно импортировать данные других типов в формате VRML или его аналогах; это самый простой способ включить измерения или моделирование, сделанные пользователем в ходе операции. Измерения и моделирование обычно включают гравимагнитные данные, геологические маршруты и разрезы, карты и результаты интерпретации данных сейсморазведки.

Сокращение объема данных с минимальной потерей качества изображения выполнено с применением программы Rational Reducer (Systems

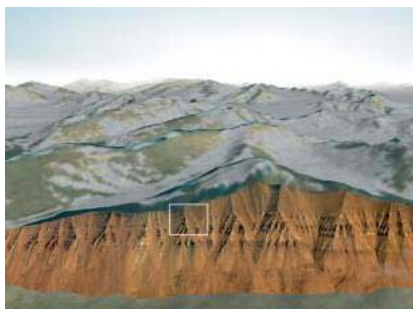


Рис. 4. а - слева) Фьорд Ван Койлен (Van Keulen), вид на север. Выделен элемент мозаичного изображения склона горы Сторвола (Storvola); б - справа) то же в крупном масштабе; белые кружки отмечают точки, где доступны детальные фото.

in Motion, [www.sim.no](http://www.sim.no)). Объекты могут размещаться на местности в фиксированных позициях или с возможностью перемещения пользователем. Геологические разрезы, полученные в ходе картирования или исследования, можно по мере надобности извлекать из-под земли и помещать обратно. SVALSIM поддерживает размещение цифровых фотографий в любом месте модели местности. Также поддерживается дополнение фотографий текстом и графикой, которые можно показывать и убирать по мере необходимости. Кроме того, чтобы дать возможность работать с более детальной геологической информацией на отдельных объектах, с этими объектами можно связать особо детализированные текстуры (Рис. 4). В число ресурсов входит также инструмент «Каротаж», который позволяет пользователю вести геофизические исследования скважин и описывать осадочные разрезы в диалоговом режиме, используя наблюдения во всех масштабах, в ходе обычной работы в поле. Другой пример работы геотренажера в интерактивном режиме – измерения магнитного поля. При этом устанавливается корреляция между данными магниторазведки и свойствами пород (рис. 5).

В течение двух полевых сезонов на 200-метровом разрезе в Фестнингене, были собраны и помещены в систему петрофизические данные (гамма-активность, магнитная восприимчивость, скорость упругих волн и плотность). Геотренажер дополняет информацию, полученную в поле, поскольку эти данные привязаны к детальным изображениям (рис. 6). Для этого объекта и для других имеются видеофрагменты, позволяющие детально изучать объект с разных направлений и создающие впечатление настоящей работы в поле.

Другие программы, которые могут понадобиться в ходе виртуальных полевых работ (например, для интерпретации данных сейсморазведки) можно запустить прямо из SVALSIM. В важных местах по мере надобности можно поместить ссылки на отдельные модули электронного обучения ([www.learninggeoscience.net](http://www.learninggeoscience.net)). Кроме того, SVALSIM разработан так, чтобы дать пользователю большую свободу, поскольку программные решения применимы на нескольких платформах (SGI с операционной системой Irix и Intel с Windows или Linux). Большая часть программы написана на C++ в ОС Linux с использованием графической библиотеки Coin 3D, созданной System in Motion в виде кода OpenGL. Для упрощения поддержки, в том числе оперативной модификации, применена технология Lisp/Scheme Guile.

SVALSIM разработан компанией Statoil и доступен всем норвежским университетам для учебных и научных целей. Приветствуется их участие в дальнейшем развитии SVALSIM. В совместном проекте университет г. Бергена, сотрудничая с Systems in Motion и Geo2000, разработал несколько тренажеров для местностей в штатах Юта и Колорадо, США. В ходе проекта на сумму до 35000 долл. создана цифровая модель местности с разрешением 10 м, дополненная космическими снимками с разрешением 30 м, аэрофотоснимками с разрешением 1 м, топографическими картами и рядом фотографий. Эти тренажеры используются в полевых курсах, проводимым Бергенским университетом и Statoil (Hesthammer 2003).

### Пример работы с SVALSIM

Летом 2002 г., около 135 норвежских студентов, изучающих науки о

Земле, проходили практику на Шпицбергене в рамках SVALEX – совместного проекта норвежских университетов, высшей школы в Ставангере, программы UNIS (межуниверситетская программа изучения Шпицбергена) и Statoil (нефтяная компания, спонсор проекта). Главная задача SVALEX – организация междисциплинарного обучения в поле. В соответствии с этой идеей студенты-геофизики изучают существенные вопросы геологии и эксплуатации месторождений, а студенты-геологи – наоборот. Все студенты имели доступ к SVALSIM при подготовке к полевым работам, во время полевых работ и при подготовке отчета по возвращении со Шпицбергена.

### Подготовка

Все участники практики SVALEX должны были подготовить детальную программу работ на один полевой день, включающую все вопросы, необходимые для обеспечения как безопасности, так и научной работы в условиях арктической пустыни Шпицбергена. При планировании студент мог прибегнуть к помощи инструктора. Инструктор мог быть и виртуальным, таким, как SVALSIM. Используя SVALSIM, студенты могли в ходе подготовки пребывания «съездить на Шпицберген». Они могли работать с тренажером над геологическими задачами и заранее получать знания по географии, стратиграфии и геологическому строению мест, которые они предполагали посетить. На некоторых объектах они также могли познакомиться с более частными задачами, что позволяло сэкономить время в последующей работе в поле. SVALSIM может работать на персональных компьютерах или на малых графических станциях, предоставленных учебным заведениям – участникам проекта SVALEX.

### Полевые работы

Исследования Бейтса по Интернет-образованию (Bates, 1992) показали, что результаты зависят от интеграции технических средств обучения с другими элементами учебного процесса. Полевые работы в рамках проекта SVALEX проводились на берегу. Студенты жили и работали на борту корабля в течение восьми дней. Днем корабль стоял на якоре, а ночью переходил на следующую стоянку. К наборному оборудованию, включая



персональные компьютеры и малую графическую станцию для 3D визуализации, был обеспечен постоянный доступ.

Применение SVALSIM позволяет подготовиться к работе, пройдя весьма реалистичную программу на борту. До некоторых важных для учебного процесса объектов добраться нельзя (из-за погоды или проблем с транспортом – обычная ситуация при полевых работах в Арктике), и тогда их можно «пройти» на борту с помощью графической станции. Иногда к объекту можно так подойти близко, что его можно осмотреть, не сходя на берег. В таких случаях SVALSIM можно использовать для «виртуальной высадки» на модели местности и изучать различную геологическую информацию, в том числе в виде фото и видеофрагментов. Такой способ применения SVALSIM позволяет тесно увязать подготовку с реальной работой в поле.

На Шпицбергене и при подготовке отчета студенты работали бригадами по 5 – 6 человек. У них была возможность посетить объекты, которые они сами выбрали. В ходе полевых работ студенты собирали информацию так, как считали нужным, в соответствии с самостоятельно разработанными планами.

### Отчеты и оценки

На полевых работах студенты обычно переполнены впечатлениями; степень усвоения новых знаний сильно зависит от человека. Обычно легче всего запоминаются новые знания, привязанные к личному опыту и реальной работе. При обучении в поле требования к человеку особенно велики, так как большая часть обучения проходит на объектах, которые посещаются только один раз. С помощью SVALSIM студенту могут виртуально вернуться на объекты, где они были, что очень полезно при подготовке отчета.

Студенты – участники SVALEX сами, очевидно, внесут вклад в дальнейшее развитие SVALSIM. Для проекта SVALEX также есть преимущества, поскольку в следующем году студенты будут опираться на результаты и опыт полевых работ этого года и получат доступ к еще лучшим полевым учебным задачам. Такой способ проведения практики тщательно

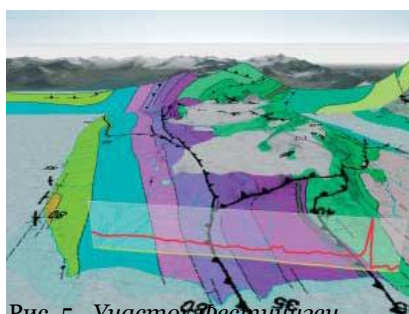


Рис. 5. Участок Фестнингген (Festningen), к юго-западу от Исфьордена (Isfjorden), из-за субвертикального залегания слоев может быть аналогом скважины. На местность наложена геологическая карта с указанием границ распространения пород на местности. За моделью местности имеется литологическая колонка. В SVALSIM включены данные магниторазведки, которые пользователь может «измерять» (красный график).

оценивается всеми участниками, как преподавателями, так и студентами. Так обеспечивается лучшее понимание места технических средств обучения в полевой практике.

### Опыт проекта SVALEX

По словам Арильда Андресена (Arild Andresen), одного из преподавателей на практике SVALEX в 2002 г., он и студенты-геологи из университета Осло широко применяли SVALSIM при подготовке к практике.

Тренажером пользовались также и на борту экспедиционного судна.

Поскольку мало кто из студентов бывал ранее на Шпицбергене, они применяли SVALSIM, чтобы ознакомиться с географией и геологическим строением района, пользуясь видеофрагментами и качественными цветными изображениями объектов исследования. Андрессен считает, что особенно полезными были многочисленные и легкодоступные геологические разрезы. Видеофрагменты и множество картинок были полезны, когда было облачно, шел снег и была низкая видимость.

Вот некоторые мнения студентов, проходивших практику SVALEX в 2002 г.:

«Легко было научиться управлять программой SVALSIM, но понадобилось время, чтобы привыкнуть перемещаться по виртуальному ландшафту.»

«Системой легко пользоваться: после 15-минутной тренировки я мог управлять ею и перемещаться».



Рис. 6. На участке Фестнингген по 200-метровому профилю вдоль берега получены и введены в SVALSIM петрофизические данные. На фото белыми кружками показаны точки измерения. Щелчок левой кнопкой мыши на одной из этих точек активизирует ее (красный кружок) и показывает данные измерений (гамма-активность, магнитная восприимчивость, скорости упругих волн и плотность) в желтом поле. Щелчок правой кнопкой выводит детальное фото активной точки.

«Я работал со SVALSIM до и в процессе SVALEX-2002. Прежде, чем ехать на Шпицберген, мы изучали на нем порядок действий и выясняли, какие данные есть в геотренажере». На самой практике мы применяли SVALSIM для подготовки к работе на обнажениях на следующий день. При подготовке отчета мы также использовали SVALSIM.»

«Используя SVALSIM, мне удалось лучше понять геологическое строение района. Кроме того, наша бригада также использовала геотренажер при составлении ежедневных отчетов о полевых работах. Много информации можно было просто скопировать из SVALSIM.»

«Мне показалось, что SVALSIM предназначен для людей со специфическими интересами, в особенности для геологов. Им эта программа понравилась больше всех. С другой стороны, она хорошо работала, когда геологами приходилось объяснять что-либо инженерам или работать с ними. SVALSIM позволяет изучать геологию на разных уровнях.»

«Думаю, что в SVALSIM должно быть больше данных. Поскольку мне и раньше приходилось бывать на Шпицбергене, то впечатление смазилось. А для первой поездки, думаю, эффект может быть хорошим, так как можно узнать об объектах и посмотреть на общий вид.»

«Я работал со SVALSIM и в одиночку и в паре с другим студентом. В команде работать с геотренажером веселее. Мы двигались и неожиданно возникали идеи посетить тот или иной объект. Эта творческая игра породила много вопросов и стимулирующих дискуссий.»

### Заключение

Следуя здоровым педагогическим принципам, можно существенно повысить качество обучения, сочетая информационные технологии и работы в поле. Цифровое моделирование местности, представленное в этой работе, работает не только для арктических островов архипелага Шпицберген. Любую местность легко показать на портативном компьютере, опираясь на технологию и принципы SVALSIM. Совместное использование различных тренажеров, охватывающих информацию по разным регионам и геологическим вопросам, еще более продвинет вперед учебный процесс. Эту концепцию можно использовать также при разработке тренажеров в других областях науки, например, в биологии.

### Благодарности

Мы благодарим Ханса Е. Ф. Амундсена, Тормада Хеннингсена, Эрика П. Йоханнсена, Кристину Фихлер и Винфрида Даллманна (Hans E.F. Amundsen, Tormod Henningsen, Erik P. Johannessen, Christine Fichler, Winfried Dallmann) за вклад в разработку

SVALSIM и Синдре Флатаса (Sindre Flatas) за обеспечение безопасности и организацию транспорта. Мы благодарны Педеру Блеккену, Ойвинду Риденгу и Тамасу Хаммеру (Peder Blekken, Oyvind Rideng, Thomas Hammer), сотрудникам Systems in Motion (www.sim.no) за отличное техническое исполнение геотренажера. Эсле Стром (Asle Strom) из компании Statoil отвечал(а) за видео- и фотосъемку и за обработку материалов. Стюарт Кларк (Stewart Clark) из NTNU редактировал текст этой статьи, а Кристиан Томассен (Christian Thomassen) – рисунки. Особую благодарность выражаем сотрудникам Statoil Хансу Конраду Йохансену, Отто Сковхольту, Терье Эйдесмо (сейчас работает в EMGS) и Мартину Беккехайну (Hans Konrad Johansen, Otto Skovholt, Terje Eidesmo, Martin Bekkeheien), финансовая поддержка которых сделала возможным этот проект.

### Литература

Bates [1992] (see reference in Bjorgen)  
Bjorgen, I.A. [2001] *Loring: soken etter mening*. Tapir Academic Press, Norway.  
Bjorndal, B., and Lieberg, S. [1978] *Nye veier i didaktikken? En innføring i didaktiske emner og begreper*. Aschehaug, Norway.  
Donaldson, J., F. and Hughes Caplow, J., A., 1996, Role Expectations for the Tutor in Problem-Based-Learning. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, April 12, 1996, New York.  
Eagle, C., Harasym, P. and Mandin, H. [1992] Effects of Tutors with Case Expertise on Problem-Based-Learning Issues. *Academic Medicine*, **67**, 7, 465-469.

Fossen, H., Hesthammer, J., Sother, B., and Johansen, S.E. [2001] Student, e-loring og felterfaring: *Geo*, **4**, 18-20.  
Hesthammer, J. [2003] How modern technology can meet needs of modern learning in geoscience. *First Break*, **21**, 49-54.  
Hesthammer, J., Fossen, H., Sautter, M., Sother, and B., Johansen, S.E. [2002] The use of information technology to enhance learning in geological field trips. *Journal of Geoscience Education*, **50**, 528-538.  
Hard af Segerstad, H., Helgesson, M., Ringborg, M. and Svedin, L. [1999] *Problembasert loring: Ideen, veiledningen og gruppen*. Ad Notam Gyldendal, Sweden.  
Kveli, A.M. [1993] *A vore lorer*. Ad Notam Gyldendal, Norway.  
Normann, G. and Schmidt, H. [1992] The Psychological basis of Problem-Based-Learning. A review of the Evidence. *Academic Medicine*, **67**, 9, 557-565.  
Margetson, D. [1993] Understanding Problem-Based-Learning, *Educational Philosophy and Theory*, **25**, 1, 40-57.  
Margetson, D. [1996] Beginning with the Essentials: Why Problem-Based-Learning begins with Problems. *Education for Health*, **9**, 1, 61-69.