

Информационно-вычислительные технологии для наук об окружающей среде: синтез науки и образования

Е. П. ГОРДОВ

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Сибирский центр климато-экологических исследований и образования,
Томск, Россия
e-mail: gordov@scert.ru*

В. Н. ЛЫКОСОВ

*Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ им. М.В.Ломоносова,
Москва, Россия
e-mail: lykosov@inm.ras.ru*

A brief overview of the scope and outcomes of the Young Scientists School and Conference on Computational Information Technologies for Environmental Sciences CITES-2007 (<http://www.scert.ru/en/conferences/cites07/>) held in Tomsk in July 14–25, 2007 is presented. Examples on how information-computational technologies are used to train environmental science specialists are discussed. Educational potential of such an approach is underlined and new directions of its further development are indicated.

Введение

Настоящий специальный выпуск журнала содержит рекомендованные программным комитетом для опубликования статьи, подготовленные молодыми учеными — участниками научно-образовательного мероприятия CITES-2007 (<http://www.scert.ru/en/conferences/cites07/>) по материалам докладов, представленных ими на Международной конференции “Вычислительные и информационные технологии для наук об окружающей среде”. Кроме того, в нем освещаются проблемы, которые были рассмотрены на школе молодых ученых, а также обсуждаются возможности, открываемые современными информационно-вычислительными технологиями (ИВТ) для организации системы непрерывного образования (подготовки и переподготовки) как молодых, так и зрелых специалистов в области наук об окружающей среде.

Бурное развитие информационно-вычислительных технологий, создавшее за последнее десятилетие основу для превращения наук об окружающей среде в “точные” науки [1], поставило перед специалистами и ряд новых задач, одной из которых является усвоение новых навыков и знаний, необходимых для адекватного использования ИВТ в научном процессе. Связано это с тем, что в рассматриваемой области специалисты

должны иметь дело с большими массивами данных, как экспериментальных (результаты измерений/наблюдений), так и теоретических (результаты численного моделирования). При этом необходимо развивать либо использовать вычислительные модели и оперативно обмениваться информацией внутри коллектива, образованного большим числом мультидисциплинарных групп. По сути, это ставит на повестку дня вопрос об организации системы непрерывного образования (подготовки и переподготовки) как молодых, так и сложившихся специалистов. Необходимость разработки и реализации специальной программы подготовки студентов и молодых ученых в области современных информационно-вычислительных технологий уже осознана профессиональным сообществом. В частности, по инициативе академика В.П. Дымникова эти вопросы активно прорабатываются на профильных факультетах МГУ и в Институте вычислительной математики РАН. Задача подготовки научной молодежи решается также, например, путем организации целевых научно-образовательных мероприятий: школ, конференций, семинаров [2]. Для сложившихся же специалистов ситуация выглядит значительно сложнее. Ниже будет показано, что он-лайнные информационно-вычислительные системы, созданные на основе современных ИВТ, уже содержат в себе возможности организации процесса подготовки и переподготовки специалистов и потому целесообразно рассмотреть некоторые подходы для его реализации.

1. Школа и конференция CITES-2007

Методически организация мероприятия CITES-2007¹ опиралась на концепцию, реализованную в Томске в результате согласованных усилий сотрудников нескольких институтов Сибирского отделения РАН, Института вычислительной математики РАН и томских университетов [2] и была проверкой временем выработанных подходов. Школа молодых ученых и международная конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2007 проводились на базе Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и Сибирского центра климато-экологических исследований и образования в течение 12 дней: школа — с 14 по 19 июля, а конференция — с 20 по 25 июля 2007 г. Основными тематическими направлениями школы были выбраны вычислительные технологии переноса примесей в геофизических средах и информационно-вычислительные аспекты наук об окружающей среде. В ходе подготовительной работы оргкомитет отобрал для участия в школе 60 молодых ученых. Российские участники школы (50 человек) представляли 19 научных организаций и 10 высших учебных заведений из 12 регионов Российской Федерации.

По традиции, школа началась с так называемого “академического” дня, в течение которого несколько членов РАН прочли полтора-два часа лекции по самым актуальным вопросам выбранной тематики. В частности, в лекции академика В.П. Дымникова, представленной В.Н. Лыковым, обсуждались фундаментальные вопросы моделирования переноса и трансформации активных и пассивных примесей в атмосфере, лекция чл.-корр. РАН А.С. Холодова посвящена численным методам решения уравнений переноса, а лекция чл.-корр. РАН В.В. Воеводина — суперкомпьютерным технологиям решения больших задач. Далее, лекцией проф. В.И. Кляцкина “Перенос примесей в стохастических средах” был дан старт курсу по переносу примесей в геофизических средах, в рамках которого лекции прочли чл.-корр. РАН В.Н. Лыков (материал лек-

¹<http://www.scert.ru/ru/conferences/cites07/>

ции подготовлен совместно с к.ф.-м.н. А.В. Глазуновым) и чл.-корр. РАН А.С. Холодов, проф. Ю.И. Кузнецов, д.ф.-м.н. А.Е. Алоян, С.П. Смышляев и М.А. Толстых, к.ф.-м.н. С.В. Кострыкин. Курс по информационным технологиям включал три лекции к.ф.-м.н. А.З. Фазлиева о представлении знаний и управлении потоками работ в информационных системах и отдельные лекции профессоров Е.Д. Вязилова, Е.П. Гордова и Е.В. Кудашева. Кроме того, О. Мазурина рассказала участникам школы о рамочной программе Европейской комиссии по исследованиям и техническому развитию (2007–2013 гг.) и развитию научных связей стран ЕС и России.

На практических занятиях (20 ч) молодые ученые в группах по 3–4 человека выполняли задания в компьютерных классах Томского университета систем управления и радиоэлектроники. Они научились создавать с помощью инструментальных средств информационного портала ATMOS информационную систему и интегрировать в нее ряд приложений, связанных с задачей переноса примеси в атмосфере. Слушатели школы представили доклады с отчетами о выполнении практических заданий. Программу курсов и сопровождающих их практических занятий готовили директора школы — чл.-корр. РАН В.Н. Лыкосов и к.ф.-м.н. А.З. Фазлиев, практические занятия вели сотрудники Института оптики атмосферы СО РАН и ИМКЭС СО РАН. Презентации всех лекций, представленных на школе, доступны на сайте мероприятия². Расходы по поддержке участия всех молодых ученых были покрыты за счет целевых грантов Минобразования и науки РФ, Asia Pacific Network for Global Change и проекта 6-й Рамочной программы ЕС ENVIROMIS-2. Кроме того, среди молодых участников был проведен конкурс заявок на выполнение НИР, по итогам которого 15 из них получили целевые средства Минобразования и науки РФ, а результаты исследований были представлены на конференции в рамках стендовых сессий. Отчеты о выполненных НИР размещены на сайте³.

После школы проводилась международная конференция CITES-2007, работа которой была организована в виде ряда совещаний, посвященных различным аспектам тематики конференции.

Совещание по составу атмосферы и качеству воздуха состоялось 21–22 июля, оно включало следующие секции: измерения состава атмосферы и качества воздуха; моделирование состава атмосферы и качества воздуха; информационные системы для управления качеством воздуха.

Совещание по оценке и моделированию изменений климата было проведено 23 июля, оно состояло из секций по физике климата и по оценке изменения климата северного региона.

Совещание по интегрированному региональному исследованию Сибири проходило 24 июля, оно включало секции по развитию информационно-вычислительной инфраструктуры интегрированного регионального исследования Сибири и по динамике окружающей среды Сибири в контексте глобальных изменений и изменений в Северной Евразии.

Совещание по антропогенным рискам для окружающей среды Сибири состоялось 25 июля, оно было основано на исследованиях по тематическим направлениям проекта Шестой рамочной программы Enviro-RISKS.

Природно-климатические изменения в сибирской части Северной Евразии на совещании по интегрированному региональному исследованию Сибири — одна из цен-

²<http://www.scert.ru/conferences/cites/2007/presentation/Index.html>

³<http://www.scert.ru/ru/conference/cites07/NIR/reports/>

тральных тем конференции. Обсуждались текущее состояние этого вопроса, взаимосвязи SIRS и NEESPI, а также роль Российского национального комитета по МГБП и его сибирского отделения в научно-организационных процессах становления интегрированного регионального исследования Сибири как крупной международной программы. Отдельным аспектам этой же темы посвящено и совещание по антропогенным рискам для окружающей среды Сибири, которое было по сути открытым однодневным рабочим семинаром по крупному проекту, выполняемому на территории Сибири международным консорциумом. В его ходе с новыми результатами исследований выступили представители всех организаций — исполнителей проекта.

2. Информационно-вычислительные технологии для образования

Анализ проведенного научно-образовательного мероприятия дает основу для размышлений о роли и возможностях использования ИВТ в образовательном процессе. В последнее время стало понятно [2, 3], что разнообразие подсистем, формирующих окружающую среду на региональном уровне, требует не только комплексного мультидисциплинарного подхода к изучаемым явлениям и процессам, но и некой единой платформы для их изучения. Такой платформой является соответствующая информационная модель, а необходимость не только понимать явления, но и прогнозировать их поведение требует широкого использования технологий вычислительного моделирования в качестве математического аппарата. Вычислительные и информационные технологии уже перестают быть инструментом выполнения научных исследований, а образуют опирающуюся на Интернет инфраструктуру, необходимую для их выполнения. В развиваемом нами подходе [2] элементами этой инфраструктуры являются тематические информационно-вычислительные системы, организованные в форме сайтов и объединенные в веб-порталы по направлениям исследований. Наличие в составе сайтов значительных тематических информационных ресурсов, в том числе и образовательных, уже делает возможным их использование в образовательном процессе. Однако здесь еще много нереализованных возможностей, открывающих перспективу использования таких сайтов/порталов для поддержки непрерывного образования специалистов в области наук об окружающей среде. Как уже упоминалось, идеальная схема подготовки молодежи и поддержания уровня специалистов должна содержать три компонента:

- хорошее базовое образование в области информационно-вычислительной основы “геофизики”, как коротко можно назвать физику геосферно-биосферных процессов;
- проведение школы типа CITES для ознакомления с новыми технологиями и результатами исследований и конференции типа ENVIROMIS для ознакомления с областью применения этих технологий;
- возможность непрерывного образования.

Последний пункт можно наиболее просто реализовать средствами тех же ИВТ, применение которых в науках об окружающей среде и является основным предметом для изучения. Наиболее известный и во многом уже состоявшийся вклад ИВТ в профессиональное образование — это тематические электронные библиотеки. Уже несколько лет вопросы их организации активно обсуждаются на различных конференциях (см. например, материалы Всероссийских конференций по цифровым библиотекам), созданы средства технологической поддержки работы таких библиотек и организовано несколько тематических библиотек. В области наук об окружающей среде наиболее значимым

успешным проектом является Alexandria Digital Library (ADL)⁴ — распределенная цифровая библиотека, содержащая коллекции геопривязанных материалов. Помимо доступа к коллекциям ADL дает возможность использовать созданное промежуточное программное обеспечение для различных приложений, включая и образовательные [4]. Среди них отметим виртуальную образовательную среду (Virtual Learning Environment) ADEPT (Alexandria Digital Earth Prototype), в которой материалы организованы, доступны и представлены в виде, явно показывающем объективные научные концепции и их взаимосвязи. Конечно, роль хорошей библиотеки в подготовке специалиста трудно переоценить, но таким образом трудно научить специалиста грамотному использованию математических моделей. Работы последнего времени показывают (см., например, [5]), что потенциал ИВТ для этих приложений существенно превосходит создание мультимедийных электронных книг, их адекватную каталогизацию и организацию доступа к этим информационным ресурсам. Доступная через Интернет виртуальная образовательная среда уже предоставляет возможность применять (а в перспективе и создавать) вычислительные модели различного уровня сложности, а также использовать при выполнении вычислений реальные данные (результаты наблюдений/измерений или моделирования) и представлять полученные результаты в виде, удобном для их анализа, включающего, в частности, и последующие вычислительные приложения.

Один из первых шагов в этом направлении сделан при создании портала для атмосферных наук ATMOS⁵ [6]. Портал представляет собой интегрированный набор множества распределенных, но координируемых предметных научных сайтов, содержащих обширные базовые и образовательные информационные ресурсы, исследовательские базы данных, модели и аналитический инструментарий для выполнения вычислений и визуализации данных. Каждый предметный сайт является отображением тематической информационной системы средствами Интернет-технологий. В портал входят такие сайты, как:

- “Атмосферная химия” — ориентирован на определение концентраций химических компонентов атмосферы для замкнутых и открытых сосредоточенных химических систем;
- “Атмосферная спектроскопия” — представляет данные об уровнях энергии молекул, параметрах спектральных линий, спектральных функциях и позволяет проводить расчет коэффициентов поглощения в однородной среде и находить полуширины спектральных линий молекулы воды;
- “Атмосферный аэрозоль” — направлен на расчет оптических характеристик аэрозоля и его микрофизики;
- “Атмосферная радиация” — используется для вычисления радиационных потоков и изучения влияния аэрозоля, облаков и малых составляющих атмосферы на радиационный режим;
- “Климат” — предоставляет возможность расчетов с помощью климатической модели, разработанной в ИВМ РАН, и мезомасштабных метеорологических моделей MM5 и WRF [7, 8].

Каждый сайт портала включает и образовательные ресурсы: тематические учебники, пособия, научные издания. Кроме того, имеется и тематический тезаурус,

⁴<http://www.alexandria.ucsb.edu/>

⁵<http://atmos.iao.ru/>

обеспечивающий пользователя необходимым набором определений из предметной области. Однако самой важной с образовательной точки зрения является возможность запуска тематических вычислительных приложений, в ходе выполнения которых (например, в качестве граничных или начальных условий) используются реальные данные.

В Томском государственном университете и Институте оптики атмосферы СО РАН разработан электронный образовательный ресурс⁶, предназначенный для подготовки специалистов, бакалавров и магистров по специальностям “Математика”, “Механика”, “Метеорология” и “Экология и природопользование”. Одним из его важных элементов является комплекс лабораторных работ, который позволяет получить навыки использования современных программных продуктов в области метеорологии и охраны окружающей среды. Этот виртуальный лабораторный практикум предлагается студентам старших курсов ММФ и ГГФ, изучившим дисциплины “Компьютерные науки”, “Методы вычислений”, “Современные методы решения больших задач на суперкомпьютерах”. Для выполнения вычислений используются современные модели метеорологии и переноса примеси, которые позволяют во всех подробностях воспроизводить погодные условия и качество атмосферного воздуха над выбираемой пользователем территорией для различных исторических дат и с различным пространственным масштабом — от города до области. Расчеты проводятся на вычислительных кластерах Института оптики атмосферы СО РАН и ТГУ. В результате расчетов пользователь получает цветные карты полей вычисленных характеристик, которые можно использовать и при анализе моделируемой ситуации, и при подготовке аналитического отчета о выполненной работе. Ресурс находится в открытом доступе и может использоваться для самообразования: после регистрации в системе любой пользователь Интернета получает доступ к виртуальному лабораторному практикуму, содержащему 10 лабораторных работ, выполнение которых требует проведения вычислений с помощью одной из моделей. Все задания посвящены анализу конкретных метеорологических ситуаций в районе г. Томска, но методологически легко переносятся и на другие географические районы.

Значительный образовательный потенциал имеют и размещенные на портале RISKS⁷ [9–11] веб-системы, предназначенные для обработки и визуализации пространственно распределенных характеристик окружающей среды. Каждая веб-система состоит из трех частей: графического интерфейса пользователя, набора программ, написанных на языке сценариев системы GrADS⁸ (Grid Analysis and Display System) или IDL⁹ (Interactive Data Language), — и структурированных метеорологических данных. Графический интерфейс разработан на базе ядра веб-портала ATMOS с использованием языков HTML, PHP и Java [10] и представляет собой динамическую форму для ввода параметров расчета и визуализации. Программы представляют собой независимые модули, подключаемые с помощью PHP и выполняемые системой GrADS/IDL, которая по окончании расчетов производит графический вывод результатов в файл. Этот файл в дальнейшем передается в ядро системы для отображения на веб-странице. Структурированные данные хранятся на жестком диске сервера и доступны только для обработки системой. Пользователь не имеет непосредственного доступа к данным и не может скачать их, однако свободно может получить результаты графического отображения как данных, так и результатов их обработки.

⁶<http://climate.atmos.iao.ru/serv/eor/>

⁷<http://risks.scert.ru/>

⁸<http://www.iges.org/grads/>

⁹<http://www.ittvis.com/idl/>

Так, система для обработки и визуализации климатических и метеорологических данных¹⁰ работает с данными реанализа NCEP/NCAR¹¹ и реанализа 2 NCEP/DOE AMIP II¹² [10, 11]. Система открывает для зарегистрированного пользователя возможность выполнения различных математических и статистических операций над метеоданными, включая вычисление минимальных, максимальных и средних величин; определение дисперсии, стандартного отклонения, абсолютного диапазона значений; сглаживание во времени значений параметра скользящим осредняющим окном в заданный период времени для произвольных пространственных и временных диапазонов. Пользователь может задать географическую область, временной диапазон, выбрать исследуемую климатическую характеристику, а также задать параметры и режим визуализации, например анимацию полученных последовательностей результатов. Система позволяет получать наглядную информацию о современных климатических изменениях в выбранном регионе и может использоваться при подготовке климатологов.

Вторая веб-система¹³ [12] является элементом разрабатываемой информационно-вычислительной системы, предназначенной для оперативной оценки и прогноза химического состава воздуха в городском индустриальном центре и его пригородах на основе метеорологических наблюдений, адекватного учета выбросов промышленных предприятий в атмосферу, измерений концентраций загрязняющих атмосферу газов, а также численного моделирования процессов трансформации и переноса газовых примесей. Она позволяет зарегистрированному пользователю проводить оценку полей средних загрязнений за месяц и за сезон, определять их динамику по годам, а также суточную динамику различных примесей для г. Томска и его окрестностей. В настоящее время для обработки и анализа доступны данные, полученные в результате численного моделирования [13], выполненного для выбранных периодов в 2000–2006 гг. Пользователь может свободно получить результаты графического отображения как данных, так и результатов их обработки. Система позволяет получать наглядную информацию о динамике полей примесей в городской атмосфере и может использоваться при подготовке экологов.

Заключение

Приведенные выше результаты показывают, что современные ИВТ уже содержат технологические инструменты для создания интерактивных образовательных ресурсов, необходимых для подготовки и переподготовки специалистов, владеющих всем арсеналом ИВТ и навыками их применения при решении конкретных задач тематической области наук об окружающей среде. По сути, уже возможно создание интерактивной виртуальной образовательной среды, например, на основе взаимосвязанного портальной структурой набора тематических информационно-вычислительных систем. Для реализации такой серьезной задачи имеется два подхода. Первым является продолжение создания тематических научных порталов типа ATMOS для других направлений наук об окружающей среде и последующая организация их взаимосвязей. Вторым подход — это создание одним из ведущих университетов современного интерактивного “учебника”

¹⁰<http://climate.risks.scert.ru/>

¹¹<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml>

¹²<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html>

¹³<http://air.risks.scert.ru/tomsk-mkg/>

нового типа по выбранному направлению науки. В нем должна быть реализована возможность прочесть образовательный текст, решить типовую вычислительную задачу (с реальными данными) и увидеть результат, добавить к заложенной модели свой блок и посмотреть, что получилось. Второй подход выглядит более перспективным, и можно надеяться, что первым шагом будет созданный в результате совместной работы всех вовлеченных организаций “базовый” учебник по физике и моделированию климата.

Благодарности

Следует отметить, что огромная работа по организации CITES-2007, а также по подготовке этого специального выпуска, компакт-диска с презентациями докладов и сайта конференции¹⁴ проделана ученым секретарем конференции к.ф.-м.н. Еленой Гениной и секретарем конференции Юлией Гордовой при активном участии Александра Титова, к.т.н. Игоря Окладникова, к.ф.-м.н. Егора Дюкарева и Кирилла Осиева, за что они заслуживают особой благодарности. Уровень опубликованных в этом выпуске статей молодых ученых является хорошим индикатором полезности проделанной работы. Несомненно, успех школы и конференции CITES-2007 в первую очередь определился профессионализмом лекторов и организаторов практических занятий, наличием “критической массы” профессионально подготовленных “школьников” и участников конференции и работой организационного и программного комитетов.

Отдельной благодарности заслуживают все спонсоры, в частности ЕС FP6 INCO Programme (проекты Enviro-RISKS , INCO-CT-2005-013427 и ENVIROMIS-2, INCO-CT-2006-031303), Asia Pacific Network for Global Change (CBA2007-08NSY) и Министерств образования и науки РФ (госконтракт № 02.517.11.9011), средства которых были использованы для поддержки участия в работе конференции более ста ученых.

Список литературы

- [1] ГОРДОВ Е.П., ЛЫКОСОВ В.Н. Развитие информационно-вычислительной инфраструктуры для интегрированного регионального исследования окружающей среды Сибири // Вычисл. технологии. 2007. Т. 12. Спецвыпуск. С. 19–30.
- [2] ГОРДОВ Е.П., КАВАНОВ М.В., ЛЫКОСОВ В.Н. Информационно-вычислительные технологии для наук об окружающей среде: подготовка научной смены // Вычисл. технологии. 2006. Т. 11. Избр. доклады Междунар. конф. по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2006, Томск. Ч. 1. С. 3–15.
- [3] PARSON M., BARRY R. Interdisciplinary data management in support of the international polar year // EOS. 2006. Vol. 87, N 30. P. 295.
- [4] KASTENS K.A. ET AL. Digital library for earth system education adds pedagogical links // EOS. 2007. Vol. 88, N 40. 2 Oct. 2007. P. 399.
- [5] ORF L. ET AL. Models as educational tools // BAMS. July 2007. P. 1101–1104.
- [6] GORDOV E.P., LYKOSOV V.N., FAZLIEV A.Z. Web portal on environmental sciences ATMOS // Adv. Geosci. 2006. Vol. 8. P. 33–38 (www.adv-geosci.net/8/33/2006/).

¹⁴<http://scert.ru/en/conferences/cites07/>

- [7] ЛАВРЕНТЬЕВ Н.А., СТАРЧЕНКО А.В., БЕЛИКОВ Д.А., ФАЗЛИЕВ А.З. Организация работы с моделью ММ5 в рамках Интернет-портала ATMOS // Тр. Всерос. научн. конф. "Научный сервис в сети Интернет: технологии распределенных вычислений, 2005". 2005. С. 251–252.
- [8] БЕЛИКОВ Д.А., ВРАЖНОВ Д.А., ЛАВРЕНТЬЕВ Н.А. и др. Использование моделирующих систем ММ5 и WRF в веб-портале ATMOS // Измерения, моделирование и информационные ресурсы для изучения окружающей среды. Томск: Изд-во Том. ЦНТИ, 2006. С. 36–41.
- [9] БАКЛАНОВ А., ГОРДОВ Е.П. Антропогенные риски: мониторинг, управление и исправление антропогенных изменений в Сибири // Вычисл. технологии. 2006. Т. 11. Избр. докл. Междунар. конф. по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2006, Томск. Ч. 3. С. 162–171.
- [10] ГОРДОВ Е.П., ОКЛАДНИКОВ И.Г., ТИТОВ А.Г. Разработка элементов информационно-вычислительной системы на основе веб-технологий для исследования региональных природно-климатических процессов // Вычисл. технологии. 2007. Т. 12. Спецвыпуск. Ч. 3. С. 20–28.
- [11] ОКЛАДНИКОВ И.Г., ТИТОВ А.Г. Веб-система для обработки и визуализации метеорологических данных // Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды. Томск: Изд-во Том. ЦНТИ, 2006. С. 42–44.
- [12] ТИТОВ А.Г., БЕЛИКОВ Д.А. Веб-система оценки качества воздуха г. Томска // Информационные и математические технологии в науке и управлении / Тр. XII Байкальской Всерос. конф. "Информационные и математические технологии в науке и управлении". Ч. II. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2007. С. 236–243.
- [13] BELIKOV D. A., STARCHENKO A. V. An investigation of secondary pollutants formation (ozone) in the atmosphere of Tomsk // J. of Atmospheric and Oceanic Optics. 2005. Vol. 18, N 05-06. P. 391–398.

Поступила в редакцию 21 февраля 2008 г.