ВЕСТНИК

МОСКОВСКОГО ГОРОДСКОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 (20)

СЕРИЯ
«Естественные науки»

Москва
2008

Редакционный совет:

Рябов В.В. председатель	доктор исторических наук, профессор, ректор МГПУ
Атанасян С.Л.	кандидат физико-математических наук, профессор, проректор по учебной работе МГПУ
Пищулин Н.П.	доктор философских наук, профессор, проректор по научной работе МГПУ
Русецкая М.Н.	кандидат педагогических наук, доцент, проректор по инновационной деятельности МГПУ

Редакционная коллегия:

Атанасян С.Л. главный редактор	кандидат физико-математических наук, профессор, проректор по учебной работе МГПУ
Дмитриева В.Т. заместитель главного редактора	кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой физической географии и геоэкологии, декан географического факультета МГПУ
Белобров В.П.	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры физической географии и геоэкологии МГПУ, заместитель директора Института почвоведения Российской академии сельскохозяйственных наук
Бубнов В.А.	доктор технических наук, профессор, академик Академии информатизации образования, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин МГПУ
Котов В.Ю.	доктор химических наук, профессор, декан химико-биологического факультета МГПУ
Шульгина О.В.	доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической географии и социальной экологии МГПУ
Суматохин С.В.	доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой методики преподавания биологии и общей биологии МГПУ, главный редактор журнала «Биология в школе»

Адрес редакционно-издательского отдела МГПУ :
129226, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, д. 4, корп. 1.
Телефон: 181-55-14.

© Московский городской педагогический университет, 2008

«Мы хотим не только знать, как устроена природа..,
но и по возможности достичь цели,
может быть, утопической и дерзкой на вид, —
узнать, почему природа является именно такой,
а не другой. В этом учёные находят наивысшее
удовлетворение»

Альберт Эйнштейн

Содержание

От главного редактора 6

География — проблемы и перспективы развития

Приваловская Г.А. Регулирование антропогенного воздействия хозяйственной деятельности на природные комплексы в регионах России 8

Дмитриева В.Т., Напрасников А.Т. Географические и климатические факторы комфортности территории Восточного Забайкалья 15

Шульгина О.В. Образ России как объект историко-географического исследования....25

Почвоведение — сегодня

Белобров В.П. Роль факторов дифференциации в формировании структур почвенного покрова в лесостепной зоне ЕТР....31

Овечкин С.В. Карбонатный профиль чернозёмов лесостепи УЧО и его трансформация в зависимости от глобальных изменений климата 40

Майнашева Г.М. Кислотно-щелочные условия в чернозёмных почвах, используемых под культуру риса....46

Биология — новые рубежи

Назаренко Л.В. Некоторые особенности криосохранения биологических объектов 53

Фадеева Е.О. Популяции грача (Corvus Frugilegus L.) в условиях антропогенной трансформации среды (эколого-морфологический аспект) 60

Нурбеков М.К. Новый взгляд на структуру и функции мультиферментных комплексов аминоацил-тРНК-синтетаз 64

Актуальные проблемы физики

Бубнов В.А. О деформационных движениях частицы жидкости....71

Ролдугин В.И., Мартынов Г.А. Распределение пространственного заряда вблизи поверхности металла....77

Григорьев Е.Г. Кинетика электроимпульсного прессования порошковых материалов....85

Информатика

Скрыпник Н.Н. Логическое моделирование одноразрядного двоичного сумматора в программе Excel....89

Сосновский Н.С. Алгоритм построения прямой линии в компьютерной графике и его реализация в программе Excel 94

Пронин А.С. Статистический анализ курса доллара с помощью программы MS EXCEL....97

Традиции в системе образования

Оржековский П.А., Мещерякова Л.М. О традициях российского химического образования 102

Суматохин С.В. Дифференциация содержания при профильном обучении 109

Соловьева Ю.А. Результаты международной оценки естественнонаучной подготовки российских школьников 114

Новые технологии в образовании

Усков Г.Н. Визуализация и образование: углублённое восприятие 120

Исследования молодых ученых

Абдульмянов С.Н. Геотопы юго-востока Горного Алтая 127

Идеи, поиск, результаты

Подболотова М.И. От теоретического осмысления научных идей к практической реализации 136

Году семьи — посвящается

Ломакин В.В., Ломакина Е.М. Дорога, которую мы выбирали. Или история одной семьи, выпускников географического факультета .. 139

Научная жизнь

Дмитриева В.Т. Седьмая межвузовская научно-практическая конференция «Учитель XXI века» 143

На книжной полке 145

Авторы вестника МГПУ № 1 (20), 2008 148

От главного редактора

Уважаемые читатели, наши подписчики!

В XXI веке миллионы людей на Земле слышали и знают о процессе сближения и обмена достижениями науки между народами Европы, Азии, Америки и Африки. Это обстоятельство еще раз подтверждают два важных вывода: во-первых, наука имеет мировой характер, она не признаёт государственных границ; во-вторых, без использования передового опыта мировой науки, внедрения достижений науки в практику не могут быть получены успешные результаты в развитии и модернизации промышленности, сельского хозяйства и системы образования в любой стране мира.

Успехи национальных научных институтов и школ, процесс их интеграции в мировую науку носят не случайный, а вполне закономерный характер. Дело в том, что во второй половине XX века передовые страны преодолели этап постиндустриального развития и вступили в новый этап — информационный, где знания становятся могучей интегральной силой.

В России, в Европе, в Америке в центре внимания общества оказались проблемы качества образования, осуществление модернизации системы образования на базе инновационных подходов, в рамках Болонской системы, подготовки умных, творческих участников современного этапа научно-технического прогресса.

Качество образования — это интегральная характеристика системы образования, отражающая степень соответствия реальных достигаемых образовательных результатов нормативным требованиям, социальным и личностным ожиданиям. Оно входит в число приоритетных целей образовательного процесса, характеризует результативность и эффективность системы образования, определяет соответствие процесса образования потребностям и ожиданиям общества, становится не только функцией управления образованием, но и многофункциональным объектом управления.

Ключевым моментом повышения качества образования является уровень подготовки преподавателей, которые призваны донести до студента достижения естественных и других наук. Именно для решения этой задачи в МГПУ организована регулярная публикация научных статей преподавателей университета.

В подписной серии журнала «Вестник МГПУ» «Естественные науки» представлены результаты многолетних естественнонаучных исследований учёных, которые легли в основу современных программ подготовки педаго-

га нового типа. Активное участие профессорско-преподавательского состава МГПУ в научных исследованиях и в подготовке диссертаций, монографий, учебников, а также научных статей, в том числе для «Вестника МГПУ», безусловно является положительным вкладом в решение актуальных проблем науки, в модернизацию системы российского образования, что будет способствовать достижению лидерства в системе столичного образования и поможет занять достойное место в российской и международной образовательной среде в рамках Болонского процесса.

Проректор МГПУ, профессор
С.Л. Атанасян

ГЕОГРАФИЯ — ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Г.А. Приваловская

Регулирование антропогенного воздействия хозяйственной деятельности на природные комплексы в регионах России

В статье рассматриваются проблемы, связанные с необходимостью замещения ресурсно-сырьевой направленности природопользования экосистем биосферы в организации промышленного использования природно-ресурсного потенциала России. Показано, что взаимодействие антропогенных и природных факторов этой сферы хозяйственной деятельности регулируется платежами за использование природных ресурсов в региональные бюджеты, сдерживающими развитие негативных процессов в природных комплексах регионов.

Социальный аспект взаимодействия хозяйственной деятельности с природной средой

На современном этапе социально-экономического развития в обществе осознаётся необходимость замещения ресурсно-сырьевой парадигмы природопользования экосистемной, основанной на положении о приоритете устойчивости биосферы как исходной позиции в организации той сферы хозяйственной деятельности, которая связана с использованием ресурсов природной среды. Эта новая парадигма провозглашается в период, когда в мире, согласно известным прогнозам на 2020 год, ожидается рост душевого потребления энергии на 40%, и в связи с принятым рядом стран курсом на индустриализацию экономики неизбежно увеличение спроса на минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы. Но именно в ближайшие 25–30 лет общество имеет шанс разработать и приступить к реализации более приемлемых с нравственной точки зрения путей социальной эволюции, когда оно, используя ресурсы среды, перестаёт уничтожать себя. [4: с. 99]. Речь идет об усилении социальной направленности всей сферы природопользования.

Для России в условиях чётко выраженной сырьевой направленности её экономики проблема смены ресурсно-сырьевой парадигмы на экосистемную чрезвычайно актуальна. С учетом данного обстоятельства следует признать, что экономическая оценка эффективности использования природно-сырьевых ресурсов, выполненная на основе классического рентного подхода, уже недостаточна. Она должна быть дополнена введением в расчёт экономических показателей, отражающих экономические и социальные последствия их использования. Такая оценка позволяет адекватно оценивать эффективность внедрения в производство сырьевой продукции природощадящих технологических и ор-

ганизационных инноваций и результативность инвестиций экономического назначения, замедляющих ход естественных негативных процессов.

Озабоченность общества вызывает также деградация лесных, водных и земельных ресурсов, образующих ландшафтную основу природной среды обитания людей. Широкая доступность этих ресурсов в пределах заселённого пространства Земли привела к негативным изменениям природных комплексов и ухудшению качества ландшафтов. Поэтому на передний план выдвинулась задача не просто рационального использования ландшафтообразующих природных ресурсов, а сохранения лесов, чистоты пресных вод и плодородия земельных ресурсов как условий жизнедеятельности людей. Это — многофакторная управленческая задача, также имеющая отношение к сдерживанию негативных процессов.

О соотношении природных и антропогенных факторов, вызывающих изменения природных комплексов под влиянием хозяйственной деятельности, можно судить по результатам изучения механизма функционирования экосистем [4: с. 229]. Факторы (тепло, свет и влага), более других чувствительные к изменениям климата, воздействуют прямо на ёмкость и интенсивность метаболизма природных систем и косвенно — через соотношение разных скоростей отдельных процессов их изменения — на структуру. Антропогенные же факторы, наоборот, косвенно воздействуют на метаболизм природных систем и впрямую — путем изъятия и привнесения извне энергии и веществ и трансформации их массы — на структуру. Но, несмотря на то, что источники негативных техногенных воздействий на природные комплексы хорошо известны, так же как известны и изменения отдельных свойств этих комплексов под влиянием техногенных воздействий, до сих пор не удается в целом охватить проблему снижения нагрузки хозяйственной деятельности на ландшафтную основу среды обитания людей. В условиях смены ресурсно-сырьевой парадигмы природопользования на экосистемную она нуждается в переосмыслении с социальных позиций.

Экономические аспекты воздействия человека на природу

Современная экономическая наука, позиционирующая природопользование как особую сферу развития экономики и отдельных ее отраслей (или в экономико-географических терминах — территориальной организации хозяйства), различает три типа экономических механизмов природопользования [2: с. 61–62]:

1. Ограничивающий и догоняющий механизм, ориентированный на относительно мягкие экологические ограничения развития отраслей. Этот механизм слабо влияет на темпы и масштабы экономического развития, смягчая по мере возможности негативные последствия воздействия хозяйственной деятельности на природные комплексы.

2. Жесткий, подавляющий механизм, который, опираясь на соответствующую налоговую и кредитную политику и штрафные санкции, тормозит развитие экологически небезопасных отраслей. Расширяя свой пространственный базис, они тем самым увеличивают вероятность негативного воздействия на среду обитания людей в ареалах основной полосы заселения страны.

3. Стимулирующий механизм, нацеленный на развитие экологосовместимых, природощадящих, высокотехнологичных производств.

В процессе индустриализации российской экономики, основанной на широкомасштабном освоении ее мощного природно-ресурсного потенциала, предпочтение отдавалось первому типу экономического механизма природопользования с его мягкими экологическими ограничениями хозяйственной деятельности. Опора на него, в конечном счете, привела к очень серьёзным, местами необратимым, изменениям в природной среде. Этот механизм природопользования преобладает в России до настоящего времени. Но когда возникает угроза лишения ресурсопользователей лицензий на разработку ресурсно-сырьевых источников, компании увеличивают инвестиции и текущие расходы на экологизацию своего производства. Тем самым в практику хозяйствования вводятся элементы двух других типов экономического механизма в природопользовании: ужесточается контроль за последствиями деятельности (II тип) и стимулируются экономически более безопасные производства (III тип).

Из этого видно, что механизм антропогенного воздействия на ландшафтную основу среды обитания людей реализуется разными экономическими способами природопользования, направленными на достижение определённого соответствия между состоянием природной среды и характером хозяйственной деятельности.

Ресурсные платежи как средство снижения негативного антропогенного воздействия на природные комплексы

Одним из мощных источников загрязнения и ухудшения состояния природных комплексов служит сырьевой сектор экономики, включающий геологическую разведку, добычу и переработку топливно-энергетических и сырьевых ресурсов. По объективным основаниям ресурсно-сырьевая ориентация российской экономики будет сохраняться достаточно длительное время, поэтому необходимо в ближайшее время решать проблему ее негативного воздействия на природную среду обитания и людей. Это особенно актуально для регионов с высокой долей сырьевых отраслей в их промышленной структуре. К этому же пространству относятся и те субъекты Российской Федерации, где большое развитие получили отрасли экономики, связанные с освоением и переработкой биологических морских и лесных ресурсов (табл. 1).

Готовность принимать компромиссные решения в результате столкновения и согласования разных интересов в области ресурсопользования проявляется в первую очередь в отношении ресурсно-сырьевых источников экспортной ориентации. Именно они обеспечивают получение природно-ресурсной ренты, которая, в основном, уходит за пределы региона (и страны), и одновременно того побочного «продукта» промышленного ресурсопользования, который в виде загрязнений и деградированных природных комплексов остается на местах. Это и есть тот конфликт в области промышленного ресурсопользования, механизм решения которого упирается в создание оптимальной системы природно-ресурсных и экологических платежей ресурсопользователей в консолидированный государственный бюджет. Конституционное право государственной собственности на недра и лесной фонд страны при частной, либо акционированной собственности на средства их освоения обусловливает необходимость усиления контроля со стороны государства за экологическими последствия-

ми деятельности всех ресурсно-сырьевых компаний независимо от их форм собственности. Разрабатывая конкретные ресурсно-сырьевые источники, они при относительно скромных выплатах в бюджет пользуются по мере надобности, также и ландшафтообразующими ресурсами — лесными, земельными, водными, ухудшая тем самым состояние природных комплексов.

Таблица 1

Ресурсно-сырьевое пространство России (2004 г.) [6: с. 5–14, 9]

Средняя плотность населения, чел/км^2	Ресурсно-сырьевые регионы	Доля регионов к площади, %	Доля регионов в населении, %	Средняя плотность населения по группе регионов, чел/ км^2
до 10	**Респ**.: Карелия, Коми, Калмыкия, Бурятия, Тыва, Хакасия, Саха, Еврейская; **АО**: Ненецкий, Коми-Пермяцкий, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий, Таймырский, Эвенкийский, Усть-Ордынский, Агинский, Бурятский, Чукотский, Корякский; **Кр**.: Красноярский, Хабаровский; **Обл**.: Архангельская, Вологодская, Мурманская, Томская, Тюменская, Иркутская, Читинская, Амурская, Камчатская, Магаданская, Сахалинская	86,9	30,1	1,7
10–24,9	**Кр**.: Приморский; **Обл**.: Новгородская, Костромская, Кировская, Астраханская, Волгоградская, Оренбургская, Пермская, Свердловская, Омская	7,5	25,5	16,3
25–39,9	**Респ**.: Карачаево-Черкесская, Башкортостан, **Обл**.: Саратовская, Кемеровская	2,3	13,3	28,3
45–55	**Респ**.: Дагестан; **Обл**.:Белгородская, Курская, Липецкая, Челябинская	1,4	13,4	45,9
> 55	**Респ**.: Татарстан, Ингушетия, Северная Осетия (Алания); **Кр**.: Краснодарский; **Обл.:** Ленинградская, Тульская	1,9	17,7	47,1
Всего по ресурсно-сырьевому пространству		100	100	4,8

Оставляя в стороне дискуссию по обоснованию изъятия и перераспределения природной ренты между государством и ресурсопользователями, важно отметить лишь следующее. По мнению известного экономиста М.Я. Лемешева, одного из разработчиков концепции платного природопользования в России, рентные платежи в их классическом понимании как плата в бюджет в зависимости от ценности используемых ресурсов в России до сих пор отсутствуют в стране. Они заменены природно-ресурсными платежами двух видов: за расходование природных ресурсов и за право пользования ими [8: с. 148–157]. Доля этих платежей в региональный бюджет изменяется от 0,8 до 35,6%, причём региональные различия данного показателя не подводят к выводу о том, что чем

больше в региональном бюджете доля платежей за пользование природными ресурсами, тем лучше они используются и охраняются.

Более показательны непосредственные платежи за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, которые, по закону, должны на 81% оставаться в региональных бюджетах в качестве их налоговых доходов. Эти платежи дифференцированы по регионам и видам ресурсов. Они рассчитываются на основе нормативов платы за единицу выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по 210 их видам и за единицу размещения на территории твердых отходов — по пяти классам, в зависимости от степени их опасности для окружающей природной среды [1].

Но в реальности экологические платежи не соответствуют установленным нормативам. Отчасти это зависит от неточности учета и отражения в статистике предприятий количества выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, а также от допускающейся в некоторых регионах корректировки нормативов экологических платежей, исходя из понимания на местах экологической ценности тех или иных видов природных ресурсов. Но в целом экологические платежи по объёму уступают природно-ресурсным.

Таблица 2

Группировка ресурсно-сырьевых районов по показателям доли природно-ресурсных платежей в их региональных бюджетах[1]

Доля природно-ресурсных платежей в региональных бюджетах в 2004 г., в %				
0.8 – 1.3	1.5 – 4.0	4.1 – 7.8	8.1 – 12.4	14.8 – 35.6
Респ.: Алтай, Тыва; **АО**: Эвенкийский, Усть-Ордынский, Бурятский, Агинский, Бурятский, Чукотский.	**Респ**.: Дагестан, Севернная Осетия (Алания); **АО:** Коми-Пермяцкий, Еврейская; **Обл.:** Омская, Саратовская, Вологодская, Камчатская; **Кр**.: Приморский, Хабаровский.	**Респ**.: Башкортостан, Саха, Бурятия, Карелия; **АО**: Ямало-Ненецкий, Корякский; **Обл**.: Мурманская, Ленинградская, Новгородская, Тульская, Свердловская Челябинская, Астраханская, Читинская, Сахалинская, Амурская, Магаданская.	**Респ**.: Удмуртия, Татарстан, Хакасия; **Кр**. Красноярский; **Обл**.: Белгородская, Липецкая, Волгоградская, Архангельская, Пермская, Костромская, Иркутская.	**Респ**.: Коми, **АО**: Ханты-Мансийский, Ненецкий, Таймырский; **Обл**.: Томская, Оренбургская, Тюменская.

Так, если сумма природно-ресурсных платежей за 1998–2001 годы возросла в 6 раз, а ее доля в доходах консолидированного бюджета увеличилась с 3,3 до 5,1%, то экологические платежи выросли лишь в 3,9 раза, и их доля

[1] Рассчитано автором по статистическому бюллетеню «Основные показатели охраны окружающей среды» [5].

устойчиво сохранялась все эти годы на уровне 0,3%. Иными словами, рост добычи природных ресурсов и ее базы налогообложения отнюдь не сопровождался адекватным повышением платежей за загрязнение окружающей среды. К тому же экологические платежи не всегда расходуются по прямому назначению, т.е. на природоохранные цели.

Особую роль в снижении негативного воздействия промышленного ресурсопользования на природные комплексы играют превентивные меры по сокращению вредных выбросов. Они осуществляются за счет природоохранных инвестиций в основной капитал из разных источников финансирования. По данным на 2004 год, 73% общей их суммы обеспечивают собственные средства предприятий, 20% — бюджеты субъектов РФ и муниципальных органов самоуправления, 5% — федеральный бюджет и 2% — другие источники [10]. Выделяемые средства расходуются на создание новых и реконструкцию существующих основных фондов и на текущие затраты по трем основным направлениям: улавливание и обезвреживание загрязняющих атмосферу веществ; очистка сточных вод и рекультивация земель.

Чёткое представление о пространственных различиях этих трех основных направлений в природоохранных затратах даёт рейтинговый подход к оценке долей отдельных регионов в суммарных их показателях по каждому направлению [7: с. 14–18]. Такой подход позволяет сопоставлять уровни природоохранных затрат с масштабами выбросов загрязняющих веществ в среду, особенно по двум первым, выделенным выше группам регионов с максимальными показателями по загрязнениям (табл. 2).

Приведённый анализ позволяет проследить достаточно хорошо выраженное соответствие между уровнями инвестиционных затрат на охрану атмосферного воздуха и масштабами выбросов загрязняющих веществ. Исключение составляют Ямало-Ненецкий АО и республика Коми в первой группе регионов, Волгоградская область и Приморский край — во второй: там относительно низкие уровни инвестиционных затрат не соответствуют крупным объёмам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Мера соответствия между уровнями инвестиционных затрат на охрану водных ресурсов и масштабами сброса загрязненных стоков в поверхностные водоёмы выражена не столь определённо, как при загрязнении атмосферного воздуха. Особенно тяжёлое положение в этом смысле характерно для Челябинской и Липецкой областей, а также для Красноярского и Приморского краев.

Уровни же инвестиций, направленных в 2004 году на охрану земель, вполне соответствовали масштабам нарушенных в том же году земель, за исключением Иркутской области, где при больших площадях нарушенных земель уровень инвестиций на их рекультивацию был низким.

Рассмотрим теперь текущие затраты природоохранного назначения. В 2004 году 70% их общей суммы приходилось, по подсчётам автора, на ресурсно-сырьевые районы. Анализ уровней текущих затрат на охрану природных ресурсов показывает высокую меру их соответствия с огромными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, даже более высокую, чем по инвестициям в тех же двух первых группах ресурсно-сырьевых регионов. Яв-

ное исключение составляют Ямало-Ненецкий АО в первой группе регионов и Татарстан — во второй, где приоритетным направлением текущих затрат выступает охрана водных ресурсов. Вообще нужно заметить, что относительно низкие уровни таких затрат на охрану водных ресурсов, не соответствующие высоким показателям сброса загрязненных стоков в поверхностные водоёмы, в 2004 году были характерны для всех промышленных областей Урала, для Красноярского края в первой группе ресурсно-сырьевых регионов, для Мурманской области — во второй. Там неудовлетворительное состояние водных ресурсов — главная экологическая проблема.

Конечно, усреднённые по регионам относительные данные не дают полного представления о региональной эффективности превентивных затрат природоохранного назначения: требуется повсеместное крупномасштабное исследование. Но слишком большие межрегиональные различия в распределении инвестиций и текущих затрат на охрану разных видов природных ресурсов подводят к выводу не только о недостаточной эффективности существующей системы всех ресурсных платежей как инструмента позитивного воздействия на сохранение природных комплексов, но и о имеющихся в этом отношении резервах.

Комплексные экономико-географические исследования убеждают в том, что проблема снижения негативного воздействия промышленного ресурсопользования на изменение природных комплексов может быть кардинально решена лишь в русле общей государственной стратегии, направленной на улучшение качества экономического роста страны. Известно, что это зависит от уровня развития человеческого потенциала, качества жизни и комфортности природной среды обитания людей. Исходя из данной позиции, развитие ресурсопользования в каждом регионе должно оцениваться по критериям не только экономической, но также социальной и экологической эффективности. Мультипликативный эффект взаимодействия этих критериев отражается понятием «территориальная эффективность» ресурсопользования, которая, усиливая его социальную направленность, для регионов оказывается более значимой категорией, чем его отраслевая эффективность. Опыт развития ресурсно-сырьевых регионов в ряде стран свидетельствует, что умелое сочетание отраслевой и территориальной эффективности использования природных ресурсов содействует не только повышению материального уровня местного населения, но и активизации его природоохранной деятельности в связи с осознанием своей социальной ответственности за состояние природной среды обитания людей.

Литература

1. *Бабина Ю.В.* Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды. — М.: Изд-во МНЭПУ, 2003.
2. *Бобылев С.Н.* О концепции экономического механизма природопользования // Вестник МГУ. Сер. 6 «Экономика». — 1994. — № 1.
3. *Валлерстайн Й.* Экология и экономика в глобальном аспекте // Вопросы экономики. — 2006. — № 11. — С. 95–103.
4. *Керженцев А.С.* Функциональная экология. — М.: Наука. 2006.
5. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. Федеральная служба государственной статистики. — М., 2004.

6. *Приваловская Г.А.* Ресурсопользование в современном экономическом пространстве России // Изв.РАН. Сер. «Географическая». — 2002. — № 2.
7. *Приваловская Г.А., Волкова И.Н.* Социально-экономические аспекты изменения природных комплексов в современных ресурсно-сырьевых районах России // Изменения природно-территориальных комплексов в зонах антропогенного воздействия. — М.: Медиа-Пресс, 2006.
8. Разновидности природной ренты в России (круглый стол ИМЭПИ РАН) // Вопросы экономики. — 2005. — № 2.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2005. — М.: Росстат. 2006.
10. Финансы России. 2004 г. — М.: Росстат, 2004.

В.Т. Дмитриева,
А.Т. Напрасников

Географические и климатические факторы комфортности территории Восточного Забайкалья

Описан географо-климатический подход к оценке комфортности среды обитания человека. На положениях оптимума физико-географического процесса определены зональные, региональные и локальные критерии комфортности территории. Обоснованы ресурсы тепло- и влагообеспеченности среды обитания человека, осуществлено географо-климатическое районирование комфортности Восточного Забайкалья.

Географо-климатический подход к оценке комфортности геосистем основывается на двух положениях. Геосистемы рассматриваются с позиций их комфортности для человека. Комфортность оценивается географо-климатическим процессом, формирующим лишь три территориальные формы соотношений тепла и влаги: избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспечённости, оптимального соотношения тепла и влаги и недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспечённости. Территории с оптимальным соотношением тепла и влаги наиболее комфортны для биологических систем и жизнедеятельности населения. Избытки тепла и влаги, как и их недостатки, являются дискомфортными для них. Вместе с этим, в условиях экстремальных климатических ситуаций комфортность и дискомфортность геосистем приобретают специфические региональные черты, раскрытие которых связано с решением актуальных антропоэкологических проблем Сибири. Репрезентативным полигоном решения данных проблем является Восточное Забайкалье, на примере которого обосновывается географо-климатический подход к оценке комфортности геосистем как среды обитания населения.

Оценка комфортности континентальных районов по экстремальным климатическим параметрам

Комфортность — свойства среды обитания человека с конкретным местоположением и оценивается степенью ее влияния на его жизнедеятельность и здоровье. На фоне экстремальных природных условий комфортность континентальных геосистем обосновывается следующими положениями.

Восточная Сибирь характеризуется резко континентальным климатом, находится под воздействием влажных воздушных масс Атлантического и Тихого океанов, холодной Арктики и теплой Центральной Азии. Под их влиянием сформировалось множество континентальных геосистем. Одни из них более благоприятные для проживания человека, другие создают определённую антропоэкологическую напряжённость.

Пространственно-временная контрастность среды обитания населения, обусловленная зональными процессами, здесь существенно трансформирована высотной поясностью гор Южной Сибири. В ряде случаев на фоне относительно благоприятных климатических режимов сформировались геосистемы с экстремальными свойствами, мало пригодными для проживания человека. Вместе с этим, высотная поясность обусловила формирование и ряд природных ареалов, более благоприятных для жизнедеятельности местного и приезжего населения. Очевидно, дифференциация и поиск геосистем по относительно уютным для человека признакам являются актуальными и диктуются необходимостью рационального использования его жизненного потенциала.

К базовым составляющим жизненного потенциала человека относят природные, демографические, медицинские, социальные, экономические и многие другие свойства окружающей среды человека. Однако роль тепла и влаги в них недостаточно учитывается. В этой связи, геоэкологический анализ «территориальных систем жизнедеятельности, т.е. совокупности геосистем различного таксономического ранга, объединённых повседневной деятельностью населения в единую пространственную систему» [1: с. 9] осуществлен на основе географо-климатического метода. В качестве главного критерия принят оптимум физико-географического процесса, формирующегося на фоне экстремальных температурных режимов Сибири. С позиций теоретической географии оптимальное соотношение тепла и влаги соответствует относительно благоприятным условиям жизнедеятельности местного населения. Это подтверждается сравнительным анализом географо-климатических режимов и параметров антропоэкологической организации хозяйственной деятельности населения [1: с. 49–64, 4: с. 77–94].

Интересен опыт отечественных и зарубежных ученых по оздоровлению людей природными режимами и компонентами. В них отмечается необходимость учета местной природно-климатической специфики, особенно экстремальных проявлений. Поэтому, с учетом прежних работ и с позиций совершенствования механизма взаимодействия человека с природой, нами предложена схема рекреационной организации территории с учетом ее экстремальных географо-климатических режимов. Она включает поиск наиболее благоприятных ландшафтов, уютных для проживания человека, пространственно-временную корреляцию комфортных для человека режимов с системой показателей тепла и влаги, установление пограничных режимов, отражающих пределы относительно благоприятных условий проживания населения. Совокупность данных подходов определила стратегию решения проблем географо-климатической комфортности геосистем.

В начале 50-х годов XX века была составлена шкала степени теплового ощущения человека с учетом определённых комбинаций температур воздуха, влаж-

ности воздуха и ветра. Установлено, что приятное тепловое ощущение вызывает у человека температура воздуха в пределах 19 – 22°С, относительная влажность — от 30 до 70%, безветрие или ветер меньше 0,3 м/сек. Однако эти «комнатные» условия в естественных условиях несколько иные. Английские учёные считают, что зона комфорта для Британских островов находится в пределах 14,4 – 20,6°С, американцы — для США — 20,2 – 26,7°С, а для тропиков зона комфортности составляет 23,3 – 29,4 °С. Общей для всех природных зон принята относительная влажность воздуха 30 – 70°С, а скорость ветра — меньше 0,3 м/сек [5: с. 15–24].

Таким образом, определён некий пространственно-временной стандарт соотношений между здоровьем человека и окружающей природной средой. Обращает внимание геоэкологическое непостоянство данных отношений, явно имеющих региональную специфику. Данный фактор и определил стратегию поиска критериев и обоснования границ региональных антропогеоэкологических систем — геосистем с определёнными комфортными условиями жизнедеятельности человека и с характерной для них территориальной организацией рекреационной деятельности.

Специфика экстремальных явлений в Восточном Забайкалье обусловила здесь чрезвычайно высокую пространственно-временную контрастность природных режимов.

Природные явления пространственно дифференцируются и усиливаются орографическими эффектами гор Южной Сибири, долинной локализацией холодных и теплых воздушных масс. В зимний период в горных долинах устанавливается безветрие, формируется температурная инверсия, воздух застаивается, в приземной атмосфере и деятельной поверхности ландшафтов накапливаются отходы промышленных производств. Весьма изменчивы внутрисуточные температуры воздуха. В этом регионе дневные и ночные температуры в ряде случаев бывают не только недостаточно комфортными, но и опасными для здоровья человека.

Для реальной оценки термического влияния окружающей среды на здоровье человека следует учитывать средние максимальные и минимальные температуры, как наиболее достоверно отражающие степень температурной комфортности климата. Разница между ними характеризует суточную изменчивость температур, которая в ряде случаев определяет самочувствие человека. Поэтому важно знать, какой ночной минимум температур следует за их дневным максимумом.

По данным метеорологических станций Читинской области [6] были определены корреляции между месячными средними максимальными, средними минимальными и средними температурами воздуха (рис. 1). По уравнениям корреляций, приведённых на графиках (а, б, в) рис. 1, рассчитаны минимальные ночные температуры. В летние месяцы при одних и тех же дневных температурах воздуха их минимальные ночные значения на 13 – 16°С меньше. Между дневными и ночными температурами воздуха наименьшая разница отмечается в августе. Из этого следует, что в Забайкалье предосенняя минимальная суточная изменчивость температур более благоприятная для здоровья человека, чем повышенные термические колебания в июне и июле.

В зимний период также существенна суточная разница между ночными и дневными температурами. Они во многом определяют состояние здоровья человека, его активную хозяйственную деятельность и устойчивость техники к низким температурам воздуха. Низкие экстремальные температуры считаются опасными, если температура воздуха опускается ниже — 30°С. При этих условиях резко сокращается активность человеческой деятельности на открытом воздухе, возрастает вероятность аварийных ситуаций [7: с. 30–39]. В связи с этим возникает необходимость в информации о пространственно-временной структуре режимов низких температур воздуха, особенно их суточных изменений. На графиках (г, д, е) рис. 1 отражена корреляция между осреднёнными за месяц максимальными дневными и минимальными ночными температурами воздуха. В декабре минимальные ночные температуры на 11°С холоднее максимальных дневных, в январе эта разница увеличивается до 13°С, а в феврале — до 16 – 17°С.

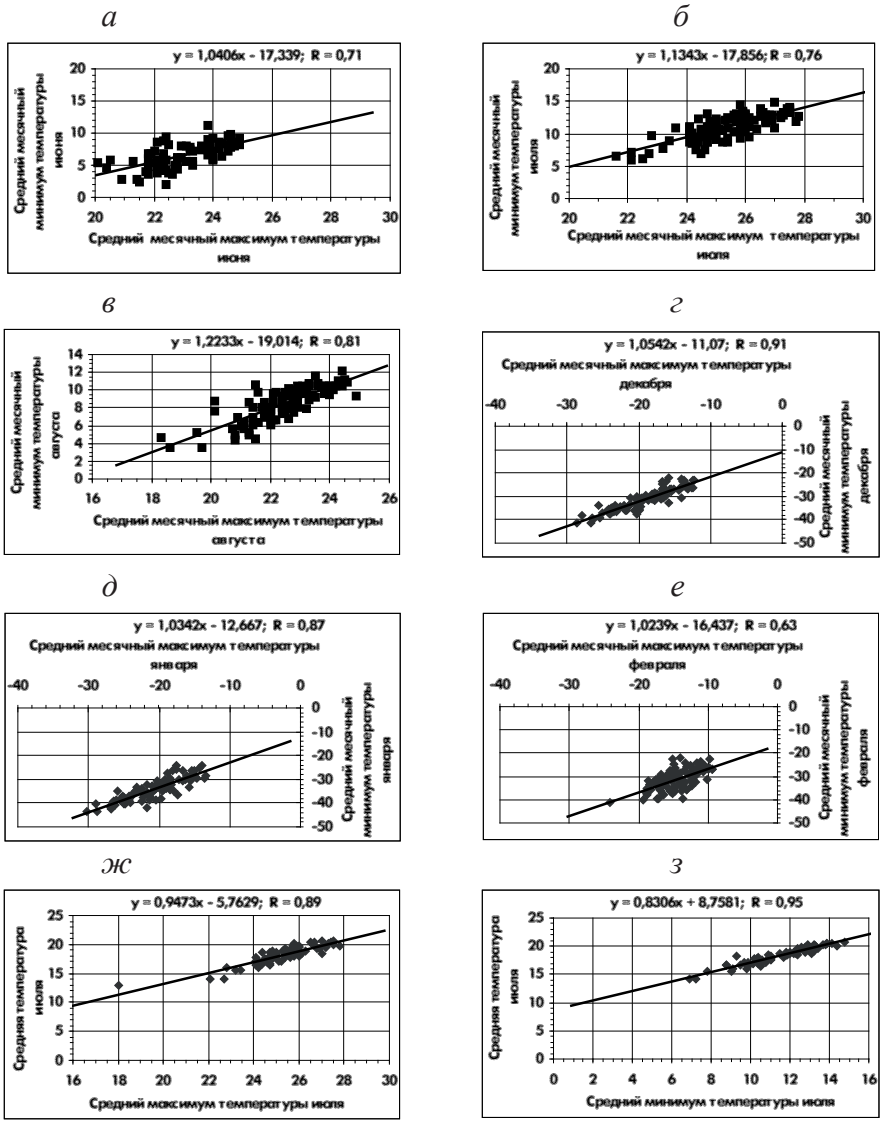

Рис. 1. Корреляции между экстремальными и средними месячными температурами воздуха в пределах Восточного Забайкалья

В зимний период наиболее теплым является юго-восток Хэнтейского нагорья и, следовательно, более комфортным для зимнего отдыха и лечения. Данный эффект усиливается тем, что здесь открыт ряд минеральных источников, которые постоянно используются местным и приезжим населением.

Оценка комфортности территории по оптимуму физико-географического процесса

В пустынях при избытке тепла и недостатке влаги, как и в полярных холодных областях избыточного увлажнения, человек чувствует себя неуютно. Однако в этих практически непригодных для проживания экстремальных условиях имеются относительно комфортные ландшафты, оазисы жизни. Растительность, животный мир и человек чувствуют себя наиболее уютно в условиях проявления максимального физико-географического процесса, когда «количество атмосферных осадков несколько превышает величину испарения влаги» [8, с. 114]. Данное положение теоретически доказано М.И. Будыко [9] и В.С. Мезенцевым [10]. Ими установлен коэффициент увлажнения (β_X), как отношение сумм атмосферных осадков (X) к максимально возможному испарению ($Z_{мак}$) в мм:

$$\beta_X = X / Z_{мак}.$$

Если суммы осадков равны максимально возможному испарению, то в природе формируется оптимальный режим влаго- и теплообеспеченности. Отклонения от него рассматриваются как естественные дефициты или избытки влаги. Эквивалентное равенство тепла и влаги разделяет зоны избыточного и недостаточного увлажнения. Чем больше «удаленность» дефицитов увлажнения от оптимального увлажнения тепла и влаги, тем природная система устойчивее, тем труднее ее трансформировать, тем сложнее адаптироваться человеку к ней [4]. Естественная устойчивость природных режимов Восточного Забайкалья подтверждается тесными связями коэффициентов увлажнения с температурами воздуха, поэтому оценка комфортных условий жизнедеятельности человека приобретает более универсальный характер (рис. 2).

В теплый период зависимости между дневными и ночными температурами (рис. 1), между месячными температурами и годовыми коэффициентами увлажнения (рис. 2) довольно плотные: коэффициенты корреляции равны 0,71–0,95. Это свидетельствует о высокой прогнозной предопределенности изменений одних природных режимов, следующих за изменениями других. Более важным в установленных связях следует считать и то, что выявленные закономерности оказываются не сугубо локальными, а охватывают довольно обширные регионы Сибири, в данном случае территорию Забайкалья, как единый структурно-функциональный комплекс. В его пределах с севера на юг горно-таежные геосистемы взаимообусловлены с центральноазиатскими степными и полупустынными, а с запада на восток — горно-таежные южно-сибирские ландшафты сопряжены с амуро-сахалинскими. Подобное единение разнообразных геосистем имеет одно уникальное свойство — оно порождено взаимодействием векторно-противоположных воздушных потоков, что дает основание рассматривать Забайкалье как геоэкологическое ядро Евразии [11].

В выявленных связях «узловым» моментом следует считать соответствие комфортных температур геосистем критическим значениям коэффициентов увлажнения.

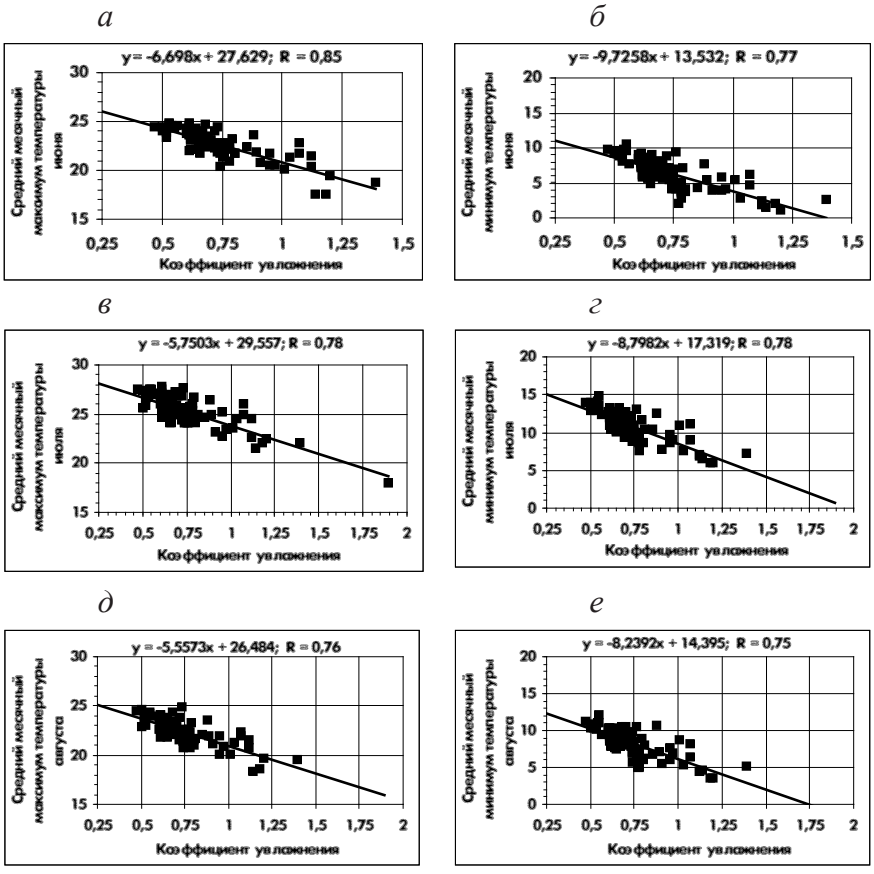

Рис. 2. Корреляции между месячными температурами воздуха и коэффициентами увлажнения в пределах Восточного Забайкалья

По уравнениям связи графиков рис. 2 определены средние максимальные и минимальные значения температур воздуха, соответствующие критическим уровням коэффициентов увлажнения. В июле, наиболее жарком и континентальном внутригодовом периоде, территориальным коэффициентам увлажнения 0,55 и 1,0 соответствуют следующие средние месячные максимальные (дневные) и минимальные (ночные) температуры: 26,4°С и 12,5°С; 23,8°С и 8,5°С при соответствующих средних месячных температурах 19,3°С и 16,8°С. В серии местных природно-климатических условий приведённые параметры являются пограничными. Они территориально оконтуривают режимы тепла и влаги, которые создают наиболее благоприятные тепловые ощущения человеку, определяют пределы максимальной активности его повседневной жизнедеятельности. Средний месячный максимум температур выше 26,4°С относится к экстремальному, характерному для полупустынной зоны с повышенным дефицитом атмосферных осадков и относительным избытком тепла. Средний месячный максимум температур ниже 23,8°С характерен для зоны избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности, охватываю-

щей среднюю и северную горную тайгу. Вся совокупность природных режимов здесь неблагоприятна с позиций рекреационного оздоровления человека. Необходимо также принять как реальность, что все ночные летние температуры в редких случаях превышают 19°С — низший уровень комфортности, соответствующий приятным тепловым ощущениям человека. Ночной минимум температур обычно существенно ниже. Поэтому в Забайкалье за дневным тепловым комфортом всегда следует ночной тепловой дискомфорт. И это тоже реальность, местная специфика резко континентального климата.

На островах Гавайского архипелага суточная и внутригодовая температурная экстремальность составляет всего 25° / 18° = 1,4. В Восточном Забайкалье она во все летние месяцы превышает 2 (рис. 3), что свидетельствует о крайне экстремальной суточной континентальности климата.

а *б*

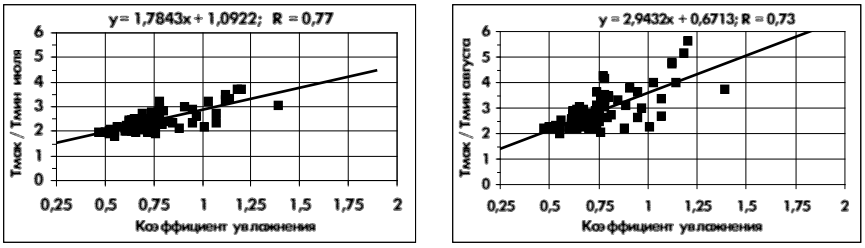

Рис. 3. Связь между коэффициентами экстремальных температур и увлажнения в июле и августе

Общая закономерность в пространственной изменчивости суточных экстремумов температур июля и августа, как отношение максимальных (дневных) к минимальным (ночным) температурам, проявляется в увеличении их значений с ростом коэффициента увлажнения. Поэтому в зонах избыточного увлажнения, т.е. в Северном Забайкалье и в горных системах, в июле суточная изменчивость температур выше, чем в степных и полупустынных ландшафтах Забайкалья. В июле при коэффициенте увлажнения 0,55 на границе степи и полупустыни суточная температурная экстремальность равна 2,1, а при коэффициенте оптимального увлажнения (1,0) на границе южной тайги и лесостепи — 2, 9. В августе их величины выше и, соответственно, равны 2,3 и 3,6. Следовательно, степи и лесостепи являются более комфортными для человека.

Но, несмотря на высокие колебания суточных температур воздуха, из их климатического разнообразия можно вычленить наиболее благоприятные условия для территориальной организации оздоровления человека. В горных условиях зоны избыточного увлажнения явно создаются неблагоприятные условия не только для оздоровления человека, но для его постоянного проживания. Однако в Муйской и Чарской межгорных котловинах формируется оптимальное соотношение тепла и влаги, наиболее благоприятное для жизнедеятельности населения.

Рекреационное районирование территории по бассейновым и географо-климатическим признакам

Если для всего Восточного Забайкалья связи между коэффициентами увлажнения и температурами воздуха выявлены с высокой корреляцией, то прост-

ранственная изменчивость температур оказалась неоднородной. Методическим обоснованием границ территорий с однородной изменчивостью температур послужили следующие положения. На высотных профилях средние месячные максимальные температуры июля 23,8°С и 26,4°С, пограничные между зонами избыточного, оптимального и недостаточного увлажнения, занимают определённые орографические уровни, ниже которых находятся днища долин и котловин, обычно с более высокими температурами воздуха. Выше этих уровней расположены водоразделы с более низкими температурами. Температуры 23,8°С и 26,4°С являются базовыми составляющими температурной последовательности, несущей функции пространственной однородности температурного поля. По ее признакам выделены три термических области: I — Витимо-Олекминская, II — Хилокско-Ингодинская и III — Аргунь-Шилкинская.

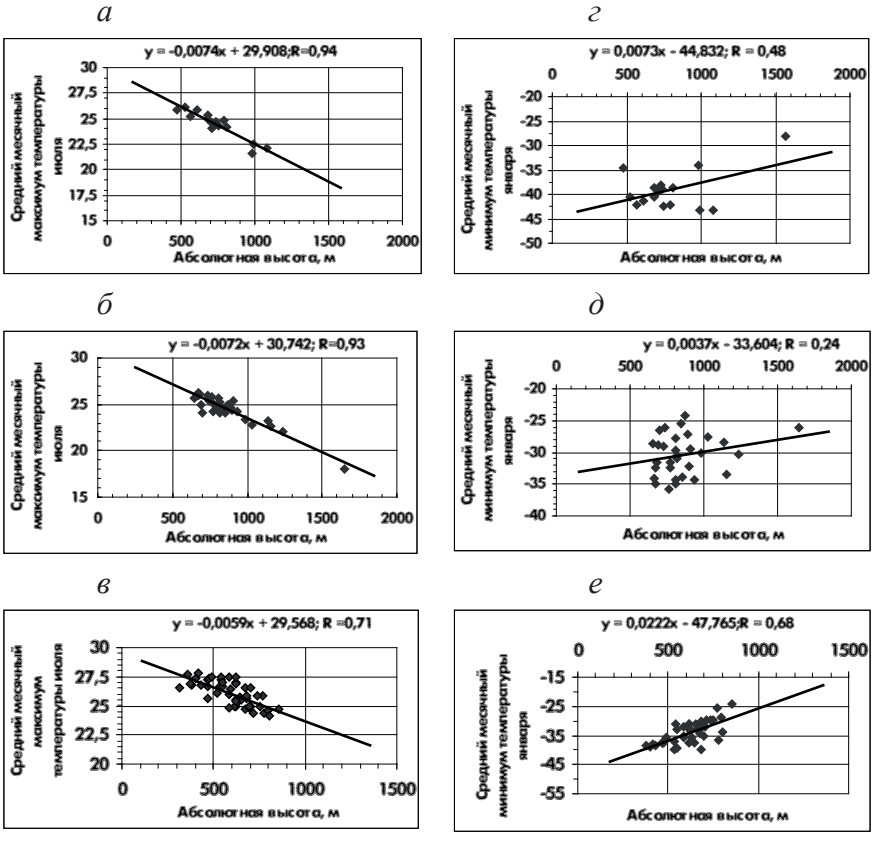

Рис. 4. Изменение с высотой местности средних месячных максимальных (июль) и средних минимальных (январь) температур воздуха

Графики областей: а, г — Витимо-Олекминской; б, д — Аргунь-Шилкинской, в, е — Хилокско-Ингодинской.

В каждой области выявлены корреляции с высотами местности максимальных месячных температур июля и минимальных месячных температур января (рис. 4). Средние месячные максимальные температуры июля регионально увязаны с высотами местности и определяются соответствующими уравнениями с коэффициентами корреляции 0,71–0,94 (графики *а, б, в* рис. 4). Однако

направленные изменения минимальных температур января с высотами местности подтверждаются слабой корреляцией (графики *г, д, е* рис. 4).

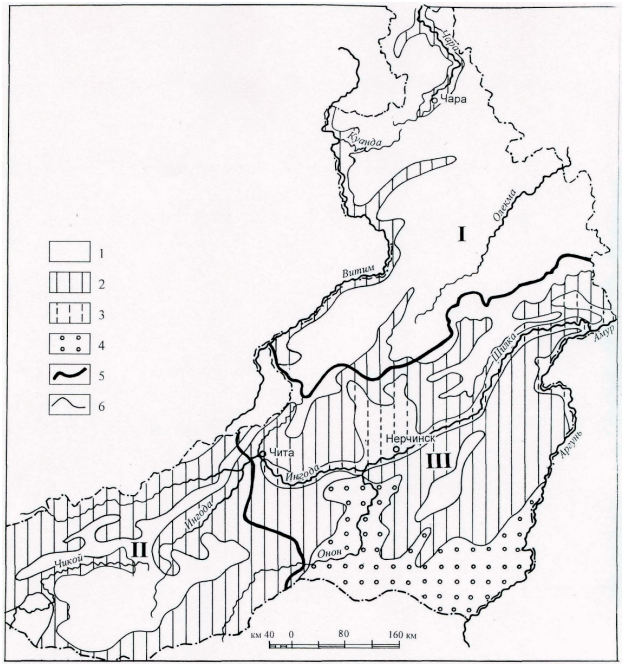

Рис. 5. Гидролого-климатические условия комфортности территории. Температурная экстремальность областей: I — максимальная Витимо-Олекминской области; II — повышенная Хилокско-Ингодинской области; III — умеренная и повышенная Аргунь-Шилкинской области

Пояса: 1 — дискомфортные с недостаточной теплообеспеченностью и избыточным увлажнением; 2 — умеренно комфортные с оптимальным соотношением тепла и влаги; 3 — пониженно комфортные с оптимальным соотношением тепла и влаги в условиях экстремально высоких температур июля; 4 — дискомфортные с избыточной теплообеспеченностью и недостаточным увлажнением; границы территорий, объединённых единой пространственной изменчивостью климатических и ландшафтных процессов; 5 — областей, 6 — поясов комфортности и рекреационной деятельности.

По уравнениям графиков (см. рис. 4, *а, б* и *в*) определены высотные уровни изолиний с температурами 23,8°С и 26,4°С и, соответственно, высотные уровни нижнего и верхнего предела оптимального соотношения тепла и влаги. Верхний высотный предел (коэффициент увлажнения 1,0 и температура — 23,8°С) оптимальной рекреационной деятельности, разделяющий ландшафты с избыточным и оптимальным увлажнением, находится на следующих высотных уровнях: Витимо-Олекминская область — 830 м, Хилокско-Ингодинская — 960 м, Аргунь-Шилкинская область — 980 м. Нижнему высотному пределу (коэффициент увлажнения 0,55 и температура — 26,4°С) оптимальной рекреационной деятельности, разделяющему ландшафты с оптимальным и недостаточным увлажнением, соответствуют высоты в Витимо-Олекминской области — 470 м, в Хилокско-Ингодинской — 600 м, Аргунь-Шилкинской — 540 м.

Вся совокупность приведенных фактов принята за основу районирования территории Восточного Забайкалья по комфортности (рис. 5). Степень экстре-

мальности температурных режимов оценена следующими критериями: максимальная (Витимо-Олекминская область); повышенная (Хилокско-Ингодинская область), умеренная и повышенная (Аргунь-Шилкинская область). По характеру влияния на здоровье и жизнедеятельность человека в Восточном Забайкалье выделяются следующие природно-рекреационные пояса: дискомфортные с экстремально высокими температурами — больше 26,4°С, комфортные с оптимальным соотношением тепла и влаги и с температурами в пределах 23,8–26,4°С, дискомфортные с низкими температурами воздуха — меньше 23,8°С.

Положение о том, что в любом природном регионе можно найти относительно комфортные условия для жизнедеятельности населения и что таким оценочным показателем может быть оптимальное соотношение тепла и влаги, подтверждается пространственной плотностью населённых пунктов. В Восточном Забайкалье большая часть населения проживает в поясе оптимального соотношения тепла и влаги. Этот пояс разделяет горно-таежные и полупустынные ландшафты и характеризуется относительно благоприятными природными условиями. Его тепловые и водные ресурсы и особенно их оптимальное сочетание обеспечили формирование в нем природных комплексов с повышенным биологическим разнообразием. Комплексы представлены долинными, межгорными и горно-таежными лиственничными и лиственнично-сосновыми лесами оптимального развития. Над ними в горах сформировались леса ограниченного развития и горные тундры, а к югу от них простираются с постоянным недостатком влаги полупустынно-степные центрально-азиатские ландшафты. Эти системы несовместимы ни пространственно, ни по природным режимам. В первой — энергетический потенциал тепла ограничен, не способен удалять избыток влаги, а во второй — ограниченные ресурсы влаги не способны нейтрализовать повышенную жесткость солнечного излучения. Однако обе эти системы с совершенно несовместимыми природными режимами оказываются одинаково дискомфортными для проживания и активной деятельности людей.

Литература

1. *Будыко М.И.* О водном и тепловом балансах поверхности суши // Метеорология и гидрология. — 1948. — № 5.
2. *Григорьев А.А.* Закономерности строения и развития географической среды // Избранные теоретические работы. — М., 1966.
3. *Мезенцев В.С.* Метод гидролого-климатических расчётов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности // Труды Омского сельскохозяйственного института. — 1957. — Т. XXVII.
4. *Напрасников А.Т., Кириченко А.В.* Опасные природные явления на территории Приангарья // Природные и организационно-экономические ресурсы сельского хозяйства Приангарья. — Иркутск: Институт географии СО РАН, 1999.
5. *Напрасников А.Т., Задорожный В.Ф.* Забайкальская природная территория — геоэкологическое ядро Евразии // География и природные ресурсы. — 2002. — № 1.
6. *Напрасников А.Т.* Гидролого-климатические системы: геоэкологический анализ. — Иркутск: Издательство Института географии СО РАН, 2003.
7. *Прохоров Б.Б., Рященко С.В.* Антропоэкологические условия освоения енисейского Севера // Изв. СО АН СССР. — Новосибирск, 1976. — № 1.

8. *Прохоров Б.Б.* Медико-географическая информация при освоении новых районов Сибири (для проектных и плановых разработок). — Новосибирск: Наука СО, 1979.
9. *Русин Н.П., Флит Л.А.* Солнце на земле. — М.: «Сов. Россия», 1971.
10. *Рященко С.В.* Региональная антропоэкология Сибири. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000.
11. Справочник по климату СССР. Вып. 23. Бурятская АССР и Читинская область. Часть II. Температура воздуха и почвы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1966.

О.В. Шульгина

Образ России как объект историко-географического исследования

Представлены теоретические воззрения и методологические подходы к историко-географическому исследованию пространственного образа России. Особое внимание уделено картографическому методу. Перечислены основные источники историко-географического изучения образа. Охарактеризованы особенности и тенденции изменения образа России в XX веке.

Образ страны — понятие очень ёмкое и многоаспектное. В различных сферах человеческого мышления: в культуре, искусстве, литературе, средствах массовой информации, бытовом сознании — он по-разному формируется и может быть выражен разными средствами. Общепринятых концептуальных и методологических подходов к характеристике образа страны не разработано, да и, по-видимому, это невозможно, учитывая значительную долю субъективизма в видении любого образа. Научные подходы к исследованию этого образа отличаются более строгой определённостью, большей объективностью, адекватностью, структурированностью. География имеет дело с пространственными образами, воссоздающими зримый облик стран и отдельных регионов, который характеризуется множеством параметров «от геологии до идеологии».

Историческая география как междисциплинарная мировоззренческая дисциплина, возникшая в нашей стране ещё в XVIII веке, пережившая вместе с кризисом общественных наук период спада в XX веке и возрождающаяся ныне на волне гуманизации географии, вносит свой вклад в понимание процесса формирования пространственного образа России. Историко-географическое исследование основывается на обширных, разнообразных и достоверных источниках, на глубоком понимании общественно-политической ситуации в различные периоды существования страны, на новых тенденциях в развитии картографии [1], [2]; на современных географических подходах к изучению территории, связанных с гуманитарной географией [3].

В рамках этих представлений образ территории может быть определён как система наиболее ярких и масштабных пространственных характеристик, описывающих особенности региона, страны. В этот термин вкладывается как внешнее восприятие образа (его границы, размеры территории, конфигурация), так и его внутреннее содержание. Оно может быть выражено посредством анализа внутренней административно-территориальной структуры (внутренние гра-

ницы и статус формирующих страну регионов), заселенности и хозяйственной освоенности территории, географических названий (городов, сел, административных единиц) как части «политического ландшафта», использованием других характеристик. Изменения образа страны складываются не только за счет трансформаций ее внешней конфигурации, но также и за счет внутренних перемен, кардинальных изменений региональных социально-экономических показателей. Поскольку многие из этих показателей в официальной статистике и в архивных источниках традиционно приурочены к административно-территориальным единицам, то и исследование изменения пространственного образа страны в региональном, историко-географическом аспекте целесообразно осуществлять с учетом изменения её административно-территориального деления как важнейшего компонента этого образа.

Особый интерес представляет историко-географическое исследование пространственного образа России в XX веке, который характеризуется кардинальными преобразованиями во многих сферах жизни, значительными территориальными изменениями и еще недостаточной историко-географической изученностью. Опыт такого исследования позволяет сформулировать ряд положений методологического плана.

Для изучения пространственных характеристик во времени наиболее эффективен картографический метод исследования [4: с. 33–38], позволяющий не просто визуализировать, но и со всей наглядностью представить главные параметры образа страны. Методологически важным является подбор картографической подосновы разных периодов, которому должно предшествовать внимательное изучение подлинных карт страны разных лет. В частности, автором данного исследования были тщательно подобраны схемы административно-территориального деления: в 1900, 1922, 1929, 1936, 1946, 1963, 1965, 1993 и 2000 годах и выполнены их сопоставимые компьютерные версии.

В процессе работы были решены весьма трудоёмкие задачи оцифровки этих карт и приведения их к единому масштабу и одной проекции. В результате выполненные карты приобрели сопоставимый вид и лучшую «читаемость» по сравнению с некоторыми подлинниками начала века. Составленные карты послужили основой для нанесения различного рода информации. В настоящее время они используются для разработки ГИС «Историческая география России XX века», задуманной и осуществляемой автором. Для выполнения карт использованы следующие компьютерные программы: *Digit Map, Map Viewer, Adobe Photoshop, Surfer, Power Point, Microsoft Excel, Microsoft Word.*

Не менее трудоёмкой и кропотливой задачей был сбор информационных, в том числе подлинных архивных источников для содержательного анализа изменения пространственного образа страны. В основу работы были положены следующие источники: документы Государственного Архива Российской Федерации (ГАРФ), посвященные вопросам преобразования административно-территориального деления России в ходе XX века; документы Российского Государственного Архива Экономики (РГАЭ); статистические сведения ЦСУ РСФСР по переписям населения в 1919–1922 годах, 1926, 1939, 1959, 1979, 1989 годах; Свод законов Российской Империи, законодательные акты совет-

ской и постсоветской России, справочники административно-территориального деления и народного хозяйства РСФСР за все годы их выпуска; сведения о переименованиях населённых пунктов и территорий.

На основе этого материала по соответствующим периодам были созданы компьютерные тематические карты, характеризующие структуру и статус административно-территориальных единиц, изменение распределения населения, а также экономических и социальных показателей по территории России, динамику переименований крупных населённых пунктов в XX веке.

Главными результатами историко-географического исследования образа страны является не только компьютерное моделирование множества показателей, но и содержательная интерпретация полученных моделей, выявление факторов и тенденций изменения этого образа [5: с. 2–6].

Данное исследование позволило понять и наглядно представить, как на протяжении XX столетия вместе с острейшими и кардинальными преобразованиями политической системы российского государства, наряду с социально-экономической трансформацией происходили изменения его пространственных границ, размеров площади и конфигурации его территории, геополитического положения.

В начале XX века Россия — Российская Империя — имела самую большую территорию за всю историю своего развития — 21,7 млн. кв. км. К концу этого века она «потеряла» 21,3% территории. Наименьшая площадь была в 1939 году — 16,7 млн. кв. км. Последующие изменения (несмотря на временное отсутствие в границах России территории Карелии и передачу Украине Крыма) приводили к общему росту российской территории, размер которой стабилизировался на уровне 17,1 млн. кв. км с 1956 года.

Не менее радикально изменились и внутригосударственные составляющие образа страны. Например, степень «изрезанности» территории внутренними административными границами.

Количество крупных административно-территориальных единиц Российской Империи к началу XX века достигло 97, в том числе 78 губерний, 18 областей и 1 остров (Сахалин). В этом делении не учитывалось природное и историческое своеобразие территорий, региональные особенности развития экономики, национальный состав населения.

С 1917 по 1922 годы в административно-территориальном делении России произошли существенные изменения, заложившие основу современного государственного территориального устройства. Именно в этот краткий, насыщенный событиями период в условиях жесткого политического противостояния, гражданской войны, угрозы территориальной целостности России был сделан выбор в пользу федеративного национально-территориального принципа построения нового государства. К 1922 году в РСФСР было образовано 37 новых административно-территориальных единиц: 8 автономных республик, 2 трудовые коммуны, 11 автономных областей, 15 губерний и 1 область. За этот же период Россия утратила 50 губерний бывшей Российской Империи (как за счёт отделения территории образовавшихся новых государств, так и в результате упразднения ряда губерний).

В процессе трансформации административно-территориального деления страны в 1923–1929 годах впервые задачи политического управления территорией сочетались с задачами её экономического развития и объективного экономико-географического районирования. Сетка административно-территориального деления тогда была укрупнена до 37 единиц. Но в таком виде она просуществовала недолго. Под влиянием новых политических установок произошли коренные изменения в административно-территориальном делении: были отклонены принципы привязки административного деления к научному экономическому районированию и возрождены установки на политический подход: приближение партийно-государственных органов к населению. Произошло значительное увеличение количества административно-территориальных единиц. Пик измельчения пришёлся на 1953 год, когда на территории России насчитывались 92 административно-территориальные единицы.

В дальнейшем число областей в Российской Федерации было сокращено, одновременно с этим были восстановлены права и границы ряда национальных образований. К началу 1960-х годов фактически сформировалась современная сетка административно-территориального деления. Она включала 88 образований (с учетом Москвы и Ленинграда), из которых 31 составляли автономные республики или области и национальные округа. К концу XX века, когда из состава Чечено-Ингушетии выделилась Ингушская Республика, число административно-территориальных единиц достигло 89. Тогда же произошло и изменение статуса национально-территориальных образований.

В XX веке произошли также существенные изменения в заселённости территории России и в расселении её населения. Общая численность населения Российской Империи на начало века составляла 128,9 млн. человек (по переписи 1897 года). Численность населения России (в современных границах) на 2000 год составила 145,6 млн. человек. Рост населения за этот период составил всего 13%, однако, учитывая общее уменьшение территории страны, плотность населения возросла более значительно — с 6,0 до 8,5 чел. на кв. км, или на 42%.

В изменении этого показателя по территории страны можно проследить весьма существенные колебания. В дореволюционной России наибольшую плотность населения имели губернии Царства Польского — 74,5 чел. на кв. км. Даже в Московской губернии плотность была ниже — 73,1 чел. на кв. км. Далее в порядке убывания этой величины следовали: Киевская губерния — 70,2 чел. на кв. км, Полтавская — 56 и Курская — 51,6 чел. на кв. км. Также высокая плотность населения (от 25 до 50 чел. на кв. км) была характерна для большинства губерний европейского центра России, Черноземья, Поволжья.

В 1929 году средний показатель плотности населения по стране составил уже 5,3 чел. на кв. км. Наивысшее его значение отмечено в Московской области — 106,6 чел. на кв. км. События Гражданской войны, общий кризис экономической ситуации и падение уровня жизни за сложные революционные и послереволюционные годы, интенсивные миграционные потоки населения повлияли на падение плотности населения в ряде российских регионов. Значительно снизилась плотность населения в Черноземном Центре, снизилась

она также в западных регионах страны, в Поволжье и Волго-Вятском регионе. Возросла плотность населения на Северном Кавказе.

Составленные карты плотности населения по разным периодам наглядно отражают главную тенденцию расселения последующих лет — сдвиг на восток и рост заселённости Урала, Сибири и Дальнего Востока. Если в начале века практически вся восточная часть России имела плотность населения менее 1 чел. на кв. км, то с 1960-х годов плотность южных регионов Сибири и Дальнего Востока выросла на порядок. Наивысшими темпами росло население юга Западной Сибири и Приморского края.

Можно проследить изменения образа территории России в связи с пространственными изменениями в динамике доли городского населения. К началу века общая численность городского населения России составляла 16,8 млн. человек, или 13,0% от всего населения страны. Наиболее урбанизированными являлись Санкт-Петербургская — 67,5% (наивысший показатель по России) и Московская губерния — 46,4% и губернии Царства Польского — доля городского населения здесь равнялась 22,1% (в Варшавской губернии она составляла 41%).

С середины 1930-х годов с развитием процесса индустриализации и началом активного освоения восточных районов страны начался интенсивный рост городского населения Российской Федерации. Наиболее активно он проявился на востоке страны, где опорными точками хозяйственного освоения становились именно городские поселения. Перепись 1959 года показала, что доля городского населения России превысила 50-процентный рубеж (52,4%), причём для Дальнего Востока и Урала показатели урбанизации превосходили общероссийское значение (соответственно 68 и 62%).

Данная тенденция сохранялась и в последующие годы. В связи с освоением нефтяных и газовых месторождений высокими темпами росло городское население Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого национальных округов (к настоящему времени там появилось несколько десятков новых городов, некоторые из которых имеют население свыше 100 тысяч жителей — Сургут, Нижневартовск, Нефтеюганск). Подобные же тенденции проявлялись и в освоении крайнего севера и приравненных к ним территорий (Мурманская, Магаданская, Сахалинская области и др.). К 2000 году доля городского населения России составила 73%, наивысшие показатели доли городских жителей (более 85%) были зафиксированы для Мурманской, Свердловской, Кемеровской, Магаданской, Сахалинской областей и в Ханты-Мансийском автономном округе.

Для историко-географического анализа образа России XX века особое значение имеет изменение географических названий. Топонимика играла особую роль в политическом ландшафте нашей страны. Изменения в географических названиях свидетельствовали о сдвигах в политическом сознании. Название места часто использовалось как политико-культурный символ, особенно если речь идет о названиях населённых пунктов, улиц, площадей. Политико-идеологическим смыслом наделяются даже названия природных объектов.

Интересно отметить, что интенсивность переименований была наиболее связана с экономическим потенциалом территории — больше всего переименований (не считая пограничных регионов, где переименования, зачастую

были сплошными) приходится на области с самыми высокими показателями уровня экономического развития — Московская, Ленинградская, Свердловская, Нижегородская, Приморский край.

В целом, подводя итог анализу изменений образа России в XX веке, можно отметить, что на протяжении столетия территория России подверглась существенному сокращению (более чем на 20%). В наибольшей степени произошли изменения западных и южных границ. В своих современных границах Россия постепенно формировалась как территория концентрации русского населения. Не менее радикально изменялась и внутренняя составляющая образа страны. Российская Федерация прошла в XX веке коренную перестройку внутреннего административно-территориального деления, в которой сменилось несколько волн укрупнения и разукрупнения сетки административно-территориальных единиц и был закреплен новый принцип федеративного устройства страны с выделением национальных образований (на долю которых в разные периоды приходилось от 2/3 до 1/3 административных единиц).

Российская Федерация стала высоко урбанизированной страной. Существенно изменилась общая картина расселения населения по территории. Высокая концентрация населения исключительно в западной части России сменилась на более равномерное его распределение. При сохранении преобладания населения в европейской части России и очень высокой его концентрации вокруг столичных центров часть регионов снизили и общую численность, и плотность населения. Одновременно на протяжении всего рассматриваемого периода происходило активное освоение северных территорий, районов Сибири и Дальнего Востока, где значительно возросли и плотность населения, и доля городских жителей.

Понимание всех этих тенденций и исторически обусловленных закономерностей трансформации пространственного образа России способствует объективному восприятию этого образа, позволяет увидеть позитивные тенденции социально-экономического развития страны и регионов. Положительный имидж России, укрепление её репутации в глазах россиян и мирового сообщества являются важнейшими факторами обеспечения социальной безопасности в стране, успешного выполнения национальных программ, устойчивого развития.

Литература

1. *Берлянт А.М.* Образ пространства: карта и информация. — М.: Мысль, 1986.
2. *Берлянт А.М.* Геоиконика. — М.: Фирма «Астрея», 1996.
3. *Замятин Д.Н.* Гуманитарная география: пространство и язык географических образов. — СПб.: Алетейя. 2003.
4. *Шульгина О.В.* Картографическое исследование пространственного образа России // Геодезия и картография. — 2004. — № 11.
5. *Шульгина О.В.* Изменение образа России в XX веке // Живописная Россия. — 2004. — № 6.

В.П. Белобров

Роль факторов дифференциации в формировании структур почвенного покрова в лесостепной зоне ЕТР

На примере заповедника «Приволжская лесостепь» рассматриваются топогенные и литогенные факторы дифференциации почвенного покрова, обусловленные региональным разнообразием форм микро-, мезо- и макрорельефа, почвообразующих и подстилающих пород. Дана оценка их влияния на формирование структур почвенного покрова и свойства почв на фоне биоклиматических факторов, определяющих зональный тип почвообразования в лесостепной зоне Европейской территории России (ЕТР).

Лесостепная зона Европейской части России в почвенном отношении представляет собой достаточно неоднородную территорию. На фоне серых лесных почв и чернозёмов можно встретить дерново-подзолистые иллювиально-железистые, а также дерновые лесные почвы, формирующиеся на песчаных отложениях различного генезиса. Типовые свойства этих почв на зональном уровне определяют биоклиматические факторы почвообразования, тогда как рельеф и почвообразующие породы как факторы дифференциации почвенного покрова усиливают внутритиповую неоднородность почв в пространстве на региональном, внутризональном уровне. В пределах лесостепной зоны можно встретить множество уголков природы, где зонально-региональные факторы дифференциации почвенного покрова представлены наиболее ярко. К ним можно отнести 5 участков заповедника «Приволжская лесостепь» в Пензенской области, расположенных в подзоне выщелоченных черноземов: «Поперечинская степь» — 252 га, «Островцовская лесостепь» — 352 га, «Кунчеровская лесостепь» — 984 га, «Верховья Суры» — 6339 га и «Борок» — 399 га [6, 8, 12, 14].

Все участки, несмотря на территориальную близость, отличаются друг от друга составом почвенного покрова. Каждому из них присущи свои региональные черты, обусловленные неоднородностью почвообразующих и подстилающих пород, характером расчленения и форм рельефа.

На всех участках в течение 2000–2004 годов было проведено крупномасштабное картирование почв в масштабах 1:10 000 и 1:5 000. При этом было заложено 130 разрезов и пробурено более 220 скважин. Бурение велось как минимум до глубины вскипания карбонатов от 10% HCl (обычно до глубины 1,5–2,0 м) с тем, чтобы достоверно судить о характере выщелоченности почв. Все названия почв, процитированные в данной статье, даны по «Классификации и диагностике почв СССР» [11]. Анализы представительных профилей и буровых скважин выполнены в лабораториях Почвенного института им. В.В. Докучаева и Россельхозакадемии. Почвенные карты участков составлены с использованием компьютерной программы ARC VIEW GIS 3,2a.

«Поперечинская степь». Практически единственный целинный степной участок лесостепной зоны Пензенской области. Рельеф участка — овражно-балочного типа с полузамкнутыми суффозионными западинами на плоских водоразделах, где также формируются ложбины стока, расширяющиеся вниз по склону. В районе балочных склонов они глубоко врезаются в основную поверхность, формируя типичные балки. Почвообразующие породы участка — бурые тяжёлые покровные карбонатные суглинки, подстилаемые на глубинах свыше 2,5 м водоупорными буро-желтыми карбонатными глинами.

На участке доминирует подтип выщелоченных в разной степени целинных чернозёмов. Структура почвенного покрова (СПП) участка *топогенно-литогенного* типа, обусловлена мезо- и микрорельефом и неоднородным по профилю гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород.

Топогенный фактор дифференциации обуславливает выделение двух уровней организации СПП — *микроструктур* и *мезоструктур*. Микроструктуры на участке представлены элементарными почвенными ареалами (ЭПА) и формируют первый уровень организации почвенного покрова:

1. *Зоогенная микроструктура.* Типична для всей территории участка, но в основном представительна для водоразделов и плакоров. Характеризуется муравьиными кочками разных размеров и относительным превышением над основной поверхностью от 10–20 до 50–60 см. Их площадь достигает 10–15% от общей площади микроструктуры. Зоогенная микроструктура представляет собой малоконтрастные пятнистости выщелоченных чернозёмов, имеющих разную мощность гумусовых горизонтов [3: с. 102–103]. В чернозёмах под кочками отмечена максимальная мощность гумусовых горизонтов.

2. *Антропогенная микроструктура.* Характеризуется правильными линейными формами микрорельефа — межами, которые на одном из участков степи маркируют остаточные элементы межевания XIX века. Относительное превышение межей над основной поверхностью — от 20 до 40 см, причём гумусовый горизонт более мощный (в среднем на 20 см).

3. *Суффозионно-эрозионная микроструктура.* Представлена западинами округло-вытянутой формы, с доминированием в растительном покрове гидрофилов. Западины являются локальными аккумуляторами влаги на водоразделах и бассейнами питания ложбин стока. Относительно основной поверхности они врезаны на 20–50 см. Микроструктура характеризуется контрастными комплексами фоновых, преимущественно среднемощных выщелоченных чернозёмов, и в разной степени оглеенными лугово-черноземными почвами западин.

4. *Линейно-эрозионная микроструктура.* Обусловлена эрозионным расчленением рельефа ложбинами стока водораздельных и приводораздельных склонов. Днища ложбины врезаны не более чем на 50–70 см относительно основной поверхности. Основные процессы формирования микроструктуры — линейная эрозия и выщелачивание. При выщелачивании карбонатов в днищах ложбин образуются лугово-черноземные почвы и (или) сильно выщелоченные черноземы, образующие линейно-эрозионные микроструктуры [2, 3: с. 102–103].

Мезоструктуры почвенного покрова второго уровня организации представлены более сложными комбинациями почв, в которых одним из компонентов

являются микроструктуры, а другим — почвы нижних частей склонов и балок. Генезис мезоструктур обусловлен глубоким эрозионно-линейным расчленением участка. Комбинации представлены контрастными сочетаниями почв склонов южной экспозиции и малоконтрастными вариациями склонов северных экспозиций [2]. Гребневидные микроводоразделы играют в этих условиях рельефа роль фитиля, подтягивая обогащённые карбонатами растворы к поверхности и формируя черноземы с более высокой линией вскипания.

Литогенную неоднородность в почвенном покрове создают мощные, тяжёлые покровные суглинки, подстилаемые на разных глубинах (2–3 м) бурыми глинами, создающими водоупор, который в условиях плоского рельефа приводит к поверхностному переувлажнению, способствует выщелачиванию карбонатов, развитию процессов оглеения, формированию депрессий и эрозионно-ложбинной сети. Водоупоры на крутых склонах балок усиливают делювиально-эрозионные процессы, элементы которых в виде намытых гряд и конусов выноса наблюдаются в днищах балок.

В табл. 1 представлены результаты морфологического описания гумусированного профиля чернозёмов и определения содержания гумуса по 82 скважинам, заложенным по сетке квадратов. Максимальные мощности гумусовых горизонтов $A1^1$ и $A1^1 + A1^{11}$ характерны для водораздельных и приводораздельных склонов. На плоских водоразделах и крутых склонах балок мощность $A1^1$ снижается в среднем на 15 см. Вся прогумусированная толща $A1^1 + A1^{11} + AB$ также максимальна для водораздельных склонов.

Таблица 1

Среднестатистические значения свойств целинных чернозёмов в зависимости от рельефа местности

Рельеф	Мощность гумусированных горизонтов (см)			Содержание гумуса (%) по глубинам (см)				
	$A1^1$	$A1^1+A1^{11}$	$A1^1+A1^{11}+AB$	0-5	5-10	30-40	60-70	90-100
Плоские водоразделы	*39,9*	*65,0*	90,0	*12,25*	*9,62*	*5,74*	*2,98*	*1,44*
Водораздельный склон	50,0	**83,1**[1]	**104,8**	13,25	10,85	7,47	**4,85**	**2,22**
Верхняя часть приводораздельного склона	52,8	77,7	91,3	13,11	11,19	7,70	4,10	1,82
Средняя часть приводораздельного склона	**54,6**	78,5	86,9	**13,89**	**11,32**	**8,11**	4,33	*1,53*
Нижняя часть приводораздельного склона	51,0	78,3	87,0	**13,86**	10,75	7,82	4,36	1,94
Пологие балочные склоны	48,0	*70,8*	85,3	*11,22*	10,55	*6,80*	*3,38*	*1,50*
Крутые балочные склоны	*39,2*	*61,2*	*73,0*	*9,34*	*6,40*	*5,31*	*2,25*	*0,89*
Западины и понижения	49,2	*66,6*	84,9	13,55	10,86	*7,04*	*3,39*	*1,39*
Ровная поверхность	50,0	74,7	90,6	**13,94**	11,03	8,00	4,24	1,73
Склоны северной экспозиции	**53,6**	**84,4**	91,4	12,83	10,79	8,07	**5,11**	1,95
Склоны южной экспозиции	**54,5**	75,4	90,0	13,48	**11,40**	7,85	*3,67*	*1,46*

[1] Жирным шрифтом обозначены максимальные, а курсивом минимальные значения мощностей гумусированных горизонтов и содержания гумуса, достоверно отличающихся друг от друга (P = 0,95).

Примерно, аналогичная картина наблюдается и по содержанию гумуса. Достоверно меньшее содержание гумуса характерно для плоских водоразделов, пологих и особенно крутых балочных склонов. Причём, увеличение уклонов и падение абсолютных высот сказывается, в большей степени, на снижении содержания гумуса, чем на мощности его горизонтов.

По мощности гумусированного профиля и содержанию гумуса чернозёмы северных и южных склонов близки (различия статистически не достоверны). Вместе с тем, содержание гумуса в верхних 30 см является максимальным в чернозёмах на южных склонах, тогда как в чернозёмах, формирующихся на склонах северной экспозиции, оно максимально на глубинах свыше 30 см.

«Островцовская лесостепь». Большая часть участка — пологий склон протяженностью около 2,5 км [8: с. 7–11]. Ложбины на этом склоне начинаются практически с плакора, хорошо выражены в рельефе, имеют широкие и плоские днища. Микрорельеф представлен микроповышениями — следами деятельности слепышей, а также муравьиными кочками. Слепышовый микрорельеф диагностирует более ксероморфные условия почвообразования.

Таблица 2

Химические и агрохимические свойства типичных чернозёмов

№ скважины	Горизонт	Глубина образца	Гумус (%)	pH водный	Гидролитическая кислотность; мг/экв 100 г почвы	Поглощённые основания; мг/экв на 100 г почвы		P_2O_5 мг/100 г почвы	K_2O мг/100 г почвы
						Ca^{++}	Mg^{++}		
Чернозёмы очень маломощные — ЧТ/1									
Б-30	$A1^{I}$	0-5	8,11	5,92	9,84	21,98	4,03	3,80	20,7
	$A1^{I}$	5-10	5,48	5,87	9,95	18,26	3,45	1,75	9,87
	AB	30-40	3,14	7,44	1,89	26,83	9,07	2,00	11,31
	Bca	60-70	н. оп.	8,88	н. оп.	н. оп.	н. оп.	н. оп.	9,39
Чернозёмы среднемощные укороченные — ЧТ/3									
Б-31	$A1^{I}$	0-5	10,55	5,98	8,53	36,06	5,79	8,00	45,15
	$A1^{I}$	5-10	7,40	5,94	7,65	44,04	6,96	5,25	14,44
	$A1^{II}$	30-40	6,49	5,86	10,06	26,71	3,70	1,50	7,70
	AB	50-60	2,54	6,15	6,45	8,38	1,29	1,80	3,61
	AB	60-70	2,43	7,12	н. оп.	26,65	8,40	н. оп.	12,28
	B1ca	90-100	н. оп.	8,84	–	н. оп.	н. оп.	–	9,87
Чернозёмы мощные — ЧТ/5									
Б-25	$A1^{I}$	0-5	11,26	6,25	7,43	42,86	5,46	4,80	40,93
	$A1^{I}$	5-10	9,73	6,04	8,31	49,56	5,28	3,87	19,02
	$A1^{II}$	30-40	7,71	6,42	6,56	41,97	4,45	4,30	15,41
	$A1^{II}$	60-70	4,36	6,24	5,68	35,30	3,18	4,30	14,44
	AB	90-100	н. оп.	6,73	2,18	33,42	2,70	н. оп.	16,37

В основании всего участка лежат коренные породы предположительно неоген-палеогенового возраста [16], представляющие собой легко выветри-

вающиеся некарбонатные желтовато-зеленоватые песчаники. Коренные породы почти повсеместно перекрыты мощным чехлом бурых карбонатных покровных лессовидных отложений средне-тяжелосуглинистого состава, которые являются основными почвообразующими породами почти для всех почв Островцовской лесостепи.

На участке доминируют два подтипа чернозёмов — *выщелоченные* и *типичные* — табл. 2 и 3 [5, 7, 9, 10, 15]. Каждый их подтипов приурочен к определённым условиям рельефа, экспозиции склонов, составу и мощности почвообразующих пород.

Таблица 3

Химические и агрохимические свойства выщелоченных чернозёмов

№ скважины	Горизонт	Глубина образца	Гумус (%)	pH		Гидролитическая кислотность; мг/экв 100 г почвы	Поглощённые основания; мг/экв на 100 г почвы		P_2O_5 мг/100 г почвы	K_2O мг/100 г почвы
				водный	солевой		Ca^{++}	Mg^{++}		
Слабовыщелоченные среднемощные повышенной мощности чернозёмы — ЧВ1/4										
Б-5	$A1^{1}$	0-10	7,68	5,79	4,91	10,49	21,98	4,03	3,08	20,70
	$A1^{1}$	40-50	5,85	6,08	5,97	0,76	18,26	3,45	1,75	9,87
	B1	90-100	н. оп.	6,16	4,58	3,49	26,83	9,07	2,00	11,31
	B2ca	180-190	–	8,14	6,85	н. оп.	н. оп.	н. оп.	н. оп.	9,39
Средневыщелоченные среднемощные повышенной мощности чернозёмы — ЧВ2/4										
Б-21	$A1^{1}$	0-5	17,92	7,02	н. оп.	2,62	68,39	5,45	17,15	51,17
	$A1^{1}$	5-10	12,24	6,92	–	3,50	49,54	6,18	10,95	50,56
	$A1^{11}$	30-40	7,98	5,94	–	8,31	42,36	5,02	5,50	17,09
	AB	60-70	4,43	5,93	–	6,23	32,76	3,49	6,00	15,41
	B1	90-100	–	6,37	–	5,68	29,72	3,02	н. оп.	12,76
Сильновыщелоченные среднемощные повышенной мощности чернозёмы — ЧВ3/4										
Б-18	$A1^{1}$	0-10	8,28	5,68	4,74	12,79	28,24	4,60	4,65	47,55
	$A1^{1}$	20-30	8,59	5,45	4,35	18,92	17,46	2,80	1,25	13,72
	$A1^{11}$	50-60	5,24	5,29	3,84	0,65	34,24	4,64	н. оп.	9,87
	B1	100-110	н. оп.	4,97	3,49	15,09	18,49	4,25	–	15,41
	B2	260-280	–	6,24	4,42	3,60	25,33	6,23	–	19,02

Самые высокие отметки заняты типичными чернозёмами, образующими фон. По мере снижения абсолютных высот типичные чернозёмы сменяются слабо- и средневыщелоченными под лугово-разнотравной растительностью и лесными массивами.

Подчинённое значение на участке имеют *луговые* и *аллювиальные* почвы. Они формируются в пойменно-долинном и балочном комплексах форм рельефа, занимая днища крупных ложбин стока, балок и оврагов, а также пойму речки.

Структура почвенного покрова двухуровневого типа, представлена микро- и мезоструктурами. Микроструктуры в виде *фитопятнистостей* широ-

ко распространены на участке. Почвенный покров в них практически однородный и слабоконтрастный.

Зоогенные микроструктуры — локальны по площади и образуют в отличие от фитопятнистостей заметную пятнистость почвенного покрова. Наиболее распространены на территории лесостепи — *эрозионно-линейные микроструктуры,* представленные контрастными комплексами, и *эрозионно-линейные мезоструктуры,* в которых доминируют сочетания почв [5].

Пёстрый по составу почвенный покров формируется в условиях овражно-балочного комплекса почв. Он представлен двух- и трехкомпонентными сочетаниями чернозёмов типичных (по склонам южных экспозиций), чернозёмов выщелоченных (по склонам северных экспозиций и микропонижениям) и чернозёмно-луговых почв по днищам оврагов. В этих условиях нередко можно наблюдать следы эрозии, намытости, когда верхняя часть почв карбонатна, а почвообразующие породы представлены некарбонатными отложениями.

«Кунчеровская лесостепь». Участок расположен на южной периферии Приволжской возвышенности («Сурская шишка»). Рельеф — останцово-увалисто-грядовый, сильно расчлененный глубокими балками и оврагами. Перепад высот составляет около 60–70 метров. Участок вытянут с СЗ на ЮВ на расстояние около 8 км. Его северо-западная и центральная часть занята лесным массивом (доминируют сосновые сообщества с примесью берёзы, осины, липы, дуба) с отдельными сельскохозяйственными полями, представляющими собой в настоящее время залежь. Юго-восточная часть участка — степь с доминированием разнотравно-пустынноовсецово-узколистноковыльной ассоциации растительности [13].

Принципиальных отличий в типовом разнообразии почвенного покрова между лесным и степным массивами лесостепи не было обнаружено, что связано с однородным составом почвообразующих пород — преимущественно ожелезненных песчаников палеогена и продуктов их выветривания. Локальные различия в мощности гумусового профиля, его гумусированности проявляются достаточно четко и обусловлены покровными и делювиальными легко- и среднесуглинистыми отложениями, перекрывающими песчаники.

Литологическая особенность территории определяет весь облик почв и почвенного покрова участка. Неоднородность растительного покрова и даже рельефа мало сказывается на морфологии и химических свойствах почв. На элювии и продуктах выветривания плотных ожелезненных песчаников формируются неполноразвитые чернозёмы (бескарбонатные, маломощные и очень маломощные, легкосуглинистые и супесчаные, малогумусированные), занимающие водораздельные залесенные пространства, взлобки и бровки склонов, крутые склоны, где имеет место хороший дренаж.

Большинство этих почв эродированы, особенно в условиях сильно расчленённого рельефа. Маркирующим признаком эродированных почв являются рельеф, сухостепная растительность и фрагменты коренных пород на поверхности почв. На участках, где плотные песчаники или пески перекрыты маломощным чехлом рыхлых отложений (30–100 см), формируются выщелоченные легко-среднесуглинистые чернозёмы, мало- и среднегумусные, среднемощные и с уко-

роченым профилем, характерные для степного участка лесостепи. Ложбины стока хорошо выражены в рельефе участка и заняты лугово-чернозёмными почвами. Наименее распространены лугово-болотные и торфяно-глеевые почвы немногочисленных болот плоского водораздела в центральной части участка.

Морфология почв и аналитические показатели в большинстве случаев не выявили четких признаков оподзоливания и элювиально-иллювиальной дифференциации профилей, отмеченных ранее Т.М. Силевой и О.В. Черновой [15: с. 25–32]. Те же авторы анализируя фракционный состав гумуса почв выявили его хорошую сформированность, характерную для чернозёмов в целом.

«Борок». Участок расположен в 10 км к северу от Кунчеровской лесостепи на левобережье р. Кадада. Общий постепенный уклон участка обрывается к высокой пойме ярко выраженным уступом-обрывом высотой от нескольких до 15–20 метров, что маркирует уровни надпойменных террас и коренной берег. Перепад высот на участке составляет около 40 метров. Большинство ложбин берут начало на террасах и лишь некоторые из них наиболее глубокие и широкие — на коренном берегу. Почвообразующими породами на участке служат коренные полимиктовые пески и аллювий. В растительном покрове доминирует сосна, нередко высокого бонитета и возраста (отдельные экземпляры достигают 150–200 лет) с примесью липы и дуба.

Почвы участка — чернозёмы неполноразвитые, бескарбонатные, очень маломощные супесчаные на песках. Сравнение почв участка «Борок» и «Кунчеровской лесостепи», расположенных примерно в одном районе и в близких почвенно-географических условиях, даёт основание считать их однотипными с точки зрения генезиса и ведущих процессов почвообразования. Гумусонакопление по сравнению со степным участком «Кунчеровской степи» выражено слабее.

«Верховья Суры». Участок расположен в пределах южной части лесной зоны, узким языком вклиниваясь в лесостепь. Низкая антропогенная нагрузка на природу заповедника обеспечила сохранение естественного режима самоорганизации территории, в том числе и состава почвенного покрова. На участке представлены фрагменты оползневых палеопроцессов на склонах, сформировавшие разные по площади террасовидные поверхности с характерными уступами и рвами оседания. Узкие и глубоко врезанные долины р. Суры и ее притоков (перепад высот от 312 до 237 м) обусловили сильную расчленённость рельефа и яркую выраженность флювиальных процессов. Поверхностные отложения представлены мощными палеогеновыми кварцево-полевошпатовыми мелкозернистыми песками, подстилаемыми на разной глубине песчаниками.

В почвенном покрове участка господствуют дерново-подзолистые и болотно-подзолистые почвы. Наиболее распространённые почвы участка — дерново-подзолистые слабодифференцированные супесчаные (связно-песчаные) на песках. Значительные площади занимают неполноразвитые дерново-подзолистые песчаные почвы на песках, подстилаемые песчаниками.

Различная крутизна склонов, вогнутость и выпуклость рельефа — основные причины вариабельности состава почвенного покрова на фоне относительно однородных пород [4]. В результате формируются преимущественно малоконтрастные и малоустойчивые микро- и мезоструктуры, в которых различия между

дерново-подзолистыми иллювиально-железистыми почвами выражены чрезвычайно слабо. Границы ареалов и контуров сформировавшихся здесь почв всегда замкнуты, прежде всего, внешней границей перелома мезорельефа и внутренними границами ареалов почв, которые обусловлены элементами микрорельефа. Контуры почв — округло-пятнистые. Для склоновых участков рисунок элементарных почвенных ареалов совершенно другой. Здесь доминируют линейные формы.

Из сказанного выше можно сделать следующие выводы:

1. Основные региональные факторы дифференциации почвенного покрова в лесостепной зоне — топогенный и литогенный. Литогенный фактор формирует макроструктуры почвенного покрова, топогенный — мезо- и микроструктуры — фито- и зоопятнистости, а также преимущественно линейно-эрозионные комплексы и сочетания.

2. Структуры почвенного покрова лесостепных участков заповедника достаточно устойчивы и находятся в условиях равновесия с факторами среды. При выводе почв из заповедного режима равновесие нарушается. Агротехногенная трансформация целинных структур приводит к гомогенизации и/или гетерогенизации почвенного покрова. Оба пути неизбежно ведут к деградации чернозёмов вследствие нарушения естественного растительного покрова, изменения водно-солевого режима и баланса почв. Следствие — усиление плоскостной и линейной эрозии. Чернозёмы, формирующиеся на крутых склонах балок и оврагов, наиболее подвержены трансформации и деградации. Эти процессы усиливаются из-за продолжающегося формирования долин рек, углубления их вреза и общего снижения базиса эрозии.

3. Оптимальными для использования чернозёмов под пропашные культуры следует считать водораздельные и приводораздельные склоны с наиболее устойчивым к деградации почвенным покровом и СПП. Дифференцированное увлажнение чернозёмов на склонах северной и южной экспозиции также определяет разный подход к использованию СПП.

4. Для чернозёмов лесостепи характерна турбационная модель развития почв [1: с. 150], основанная на росте почвенного профиля вверх не эоловым путем (как по теории И.П. Герасимова), а в результате турбационной деятельности дождевых червей (за 5 000 лет накапливается от 30 до 50 см). При этом в эволюции чернозёмов отмечается тенденция к стиранию (деградации) гумусово-аккумулятивного горизонта на плакорах, что в целом не меняет генезис и состав структур почвенного покрова.

5. Почвообразующие породы песчаного состава частично маскируют биоклиматическую компоненту зонального почвообразования. Вследствие этого процессы чернозёмообразования в почвах проявляются не столь ярко («Кунчеровская лесостепь», «Борок», «Верховья Суры») по сравнению с почвами на покровных суглинистых отложениях.

Литература

1. *Александровский А.Л.* Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. — М.: Наука, 1983.
2. *Белобров В.П., Редькин Ф.Б.* Пояснительная записка к почвенной карте участка «Поперечинская степь» заповедника «Приволжская лесостепь» (по данным крупномасштабного 1:5000 картографирования почв участка). Рукопись. Архив заповедника «Приволжская лесостепь». — Пенза, 2001.
3. *Белобров В.П., Редькин Ф.Б.* Структура почвенного покрова как основа адаптивного земледелия // Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства. Т. 1. — Пенза, 2002.
4. *Белобров В.П., Воронин А.Я., Баранцев П.Е.* Устойчивость почвенного покрова лесных массивов Приволжской возвышенности. Проблемы АПК и пути их решения. — Пенза, 2003.
5. *Белобров В.П., Воронин А.Я., Баранцев П.Е., Кузнецов А.Ю.* Почвы и структура почвенного покрова Островцовской лесостепи. Рукопись. Архив заповедника «Приволжская лесостепь». — Пенза. 2004.
6. *Государственная почвенная карта СССР.* Масштаб 1:1 млн. Лист. — Пенза – Саранск. ГУГК. — М., 1953.
7. *Дайнеко Е.К.* Чернозёмы «Островцовской лесостепи». Устное сообщение. 2002.
8. *Добролюбова Т.В.* История заповедника «Приволжская лесостепь» // Биологическое разнообразие и динамика природных процессов в заповеднике «Приволжская лесостепь». Труды государственного заповедника «Приволжская лесостепь». Вып. 1. — Пенза, 1999.
9. *Дюкова Г.Р.* Приложение 1. Морфологические признаки почв Островцовской лесостепи. Рукопись. Архив заповедника «Приволжская лесостепь». — Пенза, 1990.
10. *Дюкова Г.Р.* Почвенная карта участка «Островцовская лесостепь» в масштабе 1:5 000. Рукопись. Архив заповедника «Приволжская лесостепь». 1 лист. — Пенза, 1991.
11. Классификация и диагностика почв СССР. — М.: Колос. 1977.
12. *Кудрявцев А.Ю.* Труды государственного заповедника «Приволжская лесостепь». Вып. 1. — Пенза, 1999.
13. *Новикова Л.А.* Геоботаническая карта Островцовской лесостепи масштаба 1:10 000. Рукопись. Архив заповедника «Приволжская лесостепь». 1 лист. — Пенза, 1991.
14. *Почвенная карта РСФСР.* Масштаб 1:2 500 000 / Гл. ред. В.М. Фридланд. Лист 5. ГУГК. 16 листов. — М. 1988.
15. *Силева Т.М., Чернова О.В.* Характеристика почв Островцовского и Кунчеровского участков заповедника «Приволжская лесостепь» // Биологическое разнообразие и динамика природных процессов в заповеднике «Приволжская лесостепь». Труды государственного заповедника «Приволжская лесостепь». Вып. 1 — Пенза, 1999.
16. *Чичагова О.А., Чичагов В.П.* Особенности рельефа и почв равнин западного склона Приволжской возвышенности. Рукопись. Архив заповедника «Приволжская лесостепь». — Пенза, 2001.

С.В. Овечкин

Карбонатный профиль чернозёмов лесостепи ЦЧО и его трансформация в зависимости от глобальных изменений климата

В работе поднимается проблема: как исследовалось влияние изменения климата за последние 30 лет на карбонатный профиль лесостепных чернозёмов. Установлено, что увеличение периодичности сквозного промачивания почвы привело к активизации миграции углекислых солей. Это проявилось в увеличении интенсивности, как процессов выщелачивания, так и карбонатизации. Последнее привело к перестройке карбонатного профиля и появлению новых форм карбонатных новообразований.

Карбонатный профиль чернозёмов является результатом взаимодействия процессов, отражающихся в их гидротермическом и газовом режимах, определяющих все основные жизненные процессы почвы. Процесс формирования карбонатного горизонта вообще и карбонатных новообразований, в частности, связан с активностью почвенных карбонатов, миграцией их с почвенными растворами, с особенностями их осаждения и кристаллизации, что во многом определяется гидротермическими и газовыми режимами чернозёмов.

В профиле чернозёмов карбонаты многократно растворяются, переносятся с почвенными растворами, осаждаются и кристаллизуются. В весеннее время, до начала иссушения в почвах наблюдаются нисходящие токи влаги. С повышением температуры воздуха начинается иссушение почвы. Иссушение почвы сопровождается восходящими движениями почвенных растворов. Причём нисходящие токи влаги имеют меньшую концентрацию растворов по сравнению с восходящими [3: с. 224]. В большинстве случаев эти процессы имеют направленный характер и периодически повторяются, что приводит к аккумуляции карбонатов в определённых горизонтах почвенной толщи. Карбонаты могут быть рассеянными в почвенной массе или образуют морфологически оформленные скопления, так называемые карбонатные новообразования.

Проведённые в 70-е годы прошлого столетия исследования чернозёмов лесостепи [6: с. 288] позволили выделить следующие макроформы карбонатных новообразований:

1. Выпоты фиксируются на поверхности структурных отдельностей при высыхании почвы и представляют собой тонкие волокна, тесно связанные с почвенной массой.

2. Налёты — выделения карбонатов по граням структурных отдельностей и по ходам корней и мезофауны. Среди налётов выделяются: 1) волокнистый налет — ватоподобная масса игольчатых кристаллов карбонатов, встречающихся по ходам корней и мезофауны. 2) плотный налёт — сравнительно плотная недифференцированная масса $CaCO_3$, покрывающая тонким слоем грани структурных отдельностей.

3. Жилки — представляют собой выделения углекислых солей в полостях мелких округлых пор и имеют характер тонких трубочек с различным микростроением.

4. Пропитка рассматривается как форма карбонатных новообразований в случае, когда углекислые соли равномерно распределены в почвенной массе, приобретающей в связи с этим светлую окраску. Пропиточные формы могут охватывать весь горизонт или встречаться в виде небольших светлых пятен.

5. Журавчики представляют собой твёрдые стяжения, формирующиеся в автоморфных условиях за счёт дополнительной подперто-подвешенной влаги, образованной над сменой наносов.

Карбонатные новообразования в чернозёмах образованы преимущественно кальцитом, представленным тремя микроформами — микрозернистым, мелкозернистым и игольчатым.

Игольчатый кальцит представлен кристаллами длиной 0,05–0,1 мм. Он сосредоточен в длинных угловатых порах, разделяющих структурные отдельности. Игольчатый кальцит кристаллизуется из растворов низкой концентрации, но при быстром их испарении.

Мелкозернистый кальцит в виде четких шестигранных кристаллов размером 0,05–0,07 мм инкрустирует плотным слоем стенки крупных пор. Образование мелкозернистого кальцита происходит из растворов низкой концентрации, целиком заполняющих пору, при медленном изменении концентрации растворов.

Микрозернистый кальцит присутствует по всему профилю и образует четко отграниченные, особенно в верхней части карбонатного профиля, инкрустации по стенкам пор. Зерна микрозернистого кальцита имеют относительно четкие границы и лапчатую форму, размер их около 0,001–0,004 мм. Образование микрозернистого кальцита происходит из растворов высокой концентрации, чаще всего при быстром их испарении.

Выпоты образованы игольчатым кальцитом. Рост игольчатых кристаллов происходит быстро, и образование их можно наблюдать под бинокуляром по мере высыхания образца.

Волокнистый налёт — скопление игольчатых кристаллов $CaCO_3$ в крупных порах и пустотах. Основными условиями его образования является низкая концентрация растворов и быстрое их испарение.

Плотный налёт образован микрозернистым кальцитом и формируется из более концентрированных растворов в условиях постепенного иссушения почвы, при котором возможно локальное передвижение растворов к местам их потребления, то есть к межструктурным пустотам, где и происходит осаждение кальцита.

Наиболее распространённой в лесостепных чернозёмах формой карбонатных выделений являются различного вида трубочки. Это хорошо заметные белые трубочки, состоящие из зерен мелкозернистого кальцита. Образование их происходит в весенний период, когда в чернозёмах отмечается нисходящее передвижение почвенных растворов сравнительно низкой концентрации [3: с. 224, 5: с. 302].

Другая форма трубочек — это инкрустации микрозернистого кальцита, четко отграниченные от стенок пор. Этот вид трубочек образовался из растворов, целиком заполняющих пору, но при условии их более высокой концен-

трации. По-видимому, с началом вегетации растений происходит увеличение концентрации почвенных растворов за счет интенсивного потребления их корневой системой.

Наиболее распространённой формой карбонатных выделений являются трубочки, окружённые пропиткой, образованные отложениями микрозернистого кальцита. Образование этих жилок связано с инфильтрацией растворов из почвенной массы в полость поры и осаждением кальцита как в почвенной массе вокруг поры (образование пропиточного ореола), так и по стенкам пор.

В пределах почвенного профиля различные формы карбонатных выделений в середине 70-х годов прошлого столетия закономерно сменяли друг друга, образуя несколько особых зон преобладания тех или иных карбонатных выделений.

В профиле чернозёма глинисто-иллювиального типичного (чернозёма выщелоченного), формирующегося под воздействием преимущественно нисходящих токов влаги, карбонаты опущены довольно глубоко, и между гумусовым и карбонатным горизонтами залегает бескарбонатный горизонт. Граница вскипания ровная (амплитуда колебаний 2–3 см), карбонатные выделения появляются сразу же под границей вскипания. В карбонатном профиле сверху вниз выделяются три зоны: 1) зона, где наряду с трубочками встречаются выпоты; 2) зона максимального распространения трубочек; 3) зона уменьшения количества трубочек и появления журавчиков.

Трубочки в зоне максимального скопления состоят из относительно крупных округлых зерен (мелкозернистый кальцит), слабо сцементированных между собой и расположенных вдоль стенок крупных пор. Выпоты состоят преимущественно из игольчатого кальцита. Как уже отмечалось, та и другая форма образуются из растворов низкой концентрации, характерных для нисходящих токов влаги.

Миграционно-мицелярные (типичные) чернозёмы характеризовались весьма изменчивой, пространственно неустойчивой глубиной вскипания, уровень которого колебался от 20 до 90 см. Причём чем выше средний уровень вскипания на вертикальном срезе, тем больше амплитуда колебаний границы вскипания. Карбонатные новообразования появлялись обычно не сразу, а ниже границы вскипания на 15–20 см.

В карбонатном профиле миграционно-мицелярного чернозёма также выделялись три зоны, но зона выпотов здесь замещается зоной налётов.

Волокнистый налёт присутствовал в верхней части карбонатного профиля, по крупным ходам корней и землероев. Мощность зоны волокнистого налёта была около 30 см.

Ниже располагалась зона плотного налёта мощностью около 40 см. Причём в верхней части зоны плотный налёт появлялся только по ходам мезофауны, а ниже и по граням структурных отдельностей. Мощность зоны плотного налёта определялась мощностью гумусового горизонта.

Ниже зоны плотного налёта располагалась зона трубочек, образованных плотной недифференцированной массой, подобной налёту. И, наконец, ниже зоны трубочек располагалась зона журавчиков.

Основное поступление карбонатов в миграционно-мицелярные (типичные) чернозёмы происходило с восходящими токами влаги. Об этом свидетельствует микростроение карбонатных новообразований, так как плотный налёт и трубочки в этих чернозёмах образованы микрозернистым кальцитом, осаждённым из концентрированных растворов.

С 70-х годов прошлого столетия на территории Центральной чернозёмной области (ЦЧО) четко прослеживаются изменения климата, главным образом основных его параметров — температуры воздуха и количества атмосферных осадков. Так, температура холодного периода увеличилась на 1,8°, а коэффициент увлажнения в отдельные годы достигал величин 0,8–1,2 [4: с. 42–50].

На увеличение степени увлажнения, прежде всего, откликнулась растительность. Так, на территории Центрально-Черноземного заповедника 1980 год считается началом заметной экспансии древесно-кустарниковой флоры. В настоящее время на участке с режимом абсолютного заповедования практически формируется редколесье.

На всех участках с абсолютным режимом заповедования наблюдается изменение сообществ, выпадение травянистых светолюбивых растений под кронами деревьев, появление и увеличение участия опушечных лесных и луговых растений [1: с. 97–103].

На участках с режимом ежегодного кошения преобладают процессы олуговения и степные фитоценозы находятся на границе между луговыми степями и сухими и свежими лугами [2: с. 256].

Ежегодные наблюдения за влажностью чернозёмов показали увеличение повторяемости сквозного промачивания почв. Чернозёмы, функционирующие в режиме абсолютного заповедования, имеют в последние 40 лет практически промывной тип водного режима. Это связано как с глобальными изменениями климата, так и с дополнительной влагой, поступающей за счет перераспределения снега и за счет развития мощного степного войлока. В чернозёмах на ежегодно косимых участках снег ничем не задерживается, степной войлок не развит, дополнительное увлажнение отсутствует, и поэтому периодичность сквозного промачивания уменьшается.

Изучались два разреза, один, испытывающий наибольшее увлажнение, на участке с режимом абсолютного заповедования, другой — на участке с режимом ежегодного кошения. Ранее эти почвы диагностировались как чернозёмы типичные.

Трансформация в подгумусовом горизонте проявляется в осветлении окраски почвенной массы по мере увеличения увлажнения. Самый светлый цвет наблюдается у горизонта Bz чернозёма с участка абсолютно заповедной степи. Возможно, здесь происходит миграция гумусовых соединений.

Кроме того, в нижней части подгумусового горизонта чернозёма с абсолютным режимом заповедования отмечаются признаки формирования глинисто-иллювиального горизонта. Это заметно по появлению бурого оттенка в окраске и тонких коллоидных пленок по граням структурных отдельностей. Мощность этого горизонта колеблется в пределах 7–20 см.

Увеличение степени увлажнения привело к активизации миграции карбонатов. В чернозёмах под абсолютно заповедной степью карбонатный горизонт залегает довольно глубоко, в среднем на глубине 125 см. По характеру границы вскипания этот чернозём приближается к глинисто-иллювиальному типичному (выщелоченному чернозёму). Так, на большей части разреза граница вскипания ровная, но здесь все же наблюдаются отдельные всплески границы вскипания с амплитудой более 10 см, что характерно для миграционно-мицелярных (типичных) чернозёмов.

Карбонатные новообразования появляются сразу же под границей вскипания, как у выщелоченных чернозёмов 70-х годов, однако формы карбонатных выделений здесь несколько иные. В верхней части карбонатного профиля преобладают трубочки, причём те, которые в 70-е годы наблюдались раздельно в профиле выщелоченного и типичного чернозёмов. Здесь они присутствуют вместе в одном профиле. Вероятно, часть трубочек осталась от прошлого типичного чернозёма, а другие сформировались в изменившихся условиях. Кроме того, верхние 15–20 см карбонатного профиля заметно светлее, то есть эта часть профиля как бы пропитана карбонатами. Такое широкое развитие пропиточных выделений также не было характерным для лесостепных чернозёмов 70-х годов.

Ниже количество трубочек уменьшается, и появляются журавчики. Однако наибольшее развитие здесь получают так называемые выпоты-налеты, которые присутствуют только на стенках вертикально ориентированных трещин.

Подобные выделения карбонатов в чернозёмах 70-х годов не наблюдались. От выпотов эти выделения отличает большее количество материала, слагающего новообразование, но, тем не менее, при высыхании его количество увеличивается, что характерно для выпотов. Значительное количество материала приближает их к налётам, но отличает более тесная связь с почвенной массой. Налёт располагается на поверхности почвенной массы, а выпоты-налёты как бы вырастают из почвенной массы.

Увеличение периодичности сквозного промачивания чернозёма на участке с режимом абсолютного заповедования привело к заметной активизации миграций карбонатов с явным преобладанием процессов выщелачивания. В пользу этого свидетельствует: 1) понижение границы вскипания с одновременным её выравниванием; 2) исчезновение двух зон из карбонатного профиля — зоны без видимых выделений карбонатов и зоны налёта; 3) появление трубочек из мелкозернистого кальцита и пропиточных форм новообразований, не характерных для типичных чернозёмов; 4) формирование новых форм карбонатных новообразований — выпотов-налетов по вертикальным трещинам.

Присутствие пропиточных выделений, скорее всего, связано не только с нисходящими токами влаги, но и с наличием на этой глубине капиллярной каймы подперто-подвешенной влаги. Возможно, в результате взаимодействия этих двух потоков и произошло формирование пропиточных выделений.

На чернозёмах участка с режимом ежегодного кошения периодичность сквозного промачивания гораздо меньшая. Поэтому трансформация карбонатного профиля имеет несколько иной характер.

Средняя граница вскипания на 10 см выше, чем в предыдущей почве, и амплитуда колебаний значений также гораздо больше. Карбонатные новообразования в форме волокнистого налёта по ходам мезофауны появляются сразу же под границей вскипания, тогда как в 70-е годы в чернозёмах типичных выделялась зона мощностью около 20 см без видимых карбонатных выделений.

Ниже на 15–20 см волокнистый налёт встречается не только по пустотам, но и на гранях структурных отдельностей. В 70-е годы такая форма карбонатных новообразований вообще не описывалась в чернозёмах.

Плотный налёт появляется сначала по ходам мезофауны, затем и по граням структурных отдельностей. Причём он распространяется гораздо глубже прогумусированной толщи и встречается в горизонте В2, в зоне трубочек по палевым угловатым плоскостям, чего также не наблюдалось в типичных черноземах 70-х годов.

Трубочки в верхней части зоны своего распространения состоят из мелкозернистого кальцита, как в чернозёмах глинисто-иллювиальных типичных. Ниже они приобретают строение, характерное для подобных образований миграционно-мицелярных чернозёмов. Кроме того, в этой части карбонатного профиля формируются выпоты-налёты по вертикально ориентированным трещинам.

Итак, изменение климата вызвало активизацию функционирования карбонатного профиля чернозёма миграционно-мицелярного участка с режимом ежегодного кошения. Это привело: 1) к увеличению количества лабильных форм карбонатных новообразований (волокнистый налёт по граням структурных отдельностей в верхней части профиля и выпоты-налёты — в нижней); 2) к появлению характерных для данного подтипа форм в местах, им не свойственным (плотный налёт по граням структурных отдельностей ниже гумусового горизонта); 3) к смещению книзу профиля зон карбонатных выделений. При этом зона без видимых карбонатных новообразований исчезает. Между зонами переходы постепенные. Чётких границ между ними не образуется; 4) к увеличению количества карбонатных выделений, образованных из нисходящих токов влаги.

Таким образом, изменение климата активизировало два разнонаправленных процесса, протекающих в чернозёмах, — карбонатизацию и выщелачивание. Эти процессы проявляются во всех исследованных почвах, но с разной интенсивностью. Например, выщелачивание более интенсивно протекает в черноземах на участке с режимом абсолютного заповедования, а карбонатизация в чернозёме на участке с режимом ежегодного кошения. Выщелачивание проявляется: 1) в понижении уровня залегания карбонатов; 2) в смещении вниз зон карбонатных выделений; 3) в преобладании формирования карбонатных выделений из нисходящих токов. С процессами карбонатизации почвенного профиля связано: 1) формирование большого количества лабильных форм выделений, ранее не встречавшихся в профиле лесостепных чернозёмов; 2) расширение границ за счёт смещения вглубь профиля, пространства формирования характерных для этих черноземов форм карбонатных новообразований.

Литература

1. *Аванесова А.А., Собакинских В.Д.* Распространение деревьев и кустарников на некосимых участках Стрелецкой степи. Картографические исследования в Центрально-Черноземном заповеднике. // Тр., Центр.-Черн. Гос. зап. Вып. 19. — Курск, 2006.
2. *Аванесова А.А.* Сукцессии степных фитоценозов Европейской лесостепи (на примере Центрально-Чернозёмного биосферного заповедника им. В.В. Алехина): Диссертация на соиск. уч. ст. канд. биологических наук. — Воронеж, 2006.
3. *Афанасьева Е. А.* Чернозёмы Средне-Русской возвышенности. — М.: Наука, 1966.
4. *Базыкина Г.С., Бойко О.С.* Влияние аномальных погодных условий последних десятилетий на водный режим типичных чернозёмов заповедной степи (Курская область) // Почвоведение. — 2007. — № 8.
5. *Коковина Т.П.* Водный режим мощных чернозёмов и влагообеспеченность на них сельскохозяйственных культур. — М.: Колос, 1974.
6. *Овечкин С.В.* Карбонатный профиль чернозёмов и его формирование в зависимости от биоклиматических условий (на примере черноземов левобережной Украины и Заволжья): Диссертация на соиск. уч. ст. канд. географических наук. — М., 1979.

Г.М. Майнашева

Кислотно-щелочные условия в чернозёмных почвах, используемых под культуру риса

В работе показано, что затопление чернозёмов вызывает подкисление почвы и стабилизацию pH на уровне 6,9–7,2. Кроме того, динамика pH затапливаемых чернозёмных почв, в отличие от кислых почв, не связана коррелятивной зависимостью с сезонным изменением окислительно-восстановительного потенциала (коэффициент корреляции равен 0,44).

При затоплении рисовых полей реакция почвы претерпевает значительные изменения [8; 9: с. 963–969; 16: p. 21–86].

Один из корифеев почвоведения Ф.Р. Поннамперума с соавторами [16: p. 21–86] считают, что изменение реакции среды при затоплении связано с восстановительным режимом этих почв, и отводят главную роль в повышении pH кислых почв восстановлению железа. Ими сделана попытка количественно охарактеризовать зависимость pH почвенного раствора от Eh и активности растворимого Fe^{2+}. В то же время существенную роль в установлении равновесного значения pH, получаемого после нескольких недель затопления, они отводят парциальному давлению углекислого газа, выразив для богатых железом почв равновесное значение pH следующей эмпирической формулой:

$$pH = 6{,}1 - 0{,}58 \log Pco_2$$

В щелочных и карбонатных почвах, в отличие от кислых почв, затопление вызывает снижение величины pH, приближая ее также к нейтральному значению [6; 9: с. 963–969].

Величина pH щелочных почв может быть связана с равновесием $Na_2CO_3 – H_2O – CO_2$, а карбонатных — $CaCO_3 – H_2O – CO_2$ [16]. В затапливаемых карбонатных и щелочных почвах есть все градиенты для регулирования pH карбонатными системами: высокая концентрация CO_2; присутствие $CaCO_3$ в карбонатных и $NaHCO_3$ в щелочных; тесный контакт между почвенным раствором, твердой и газовой фазами [7: с. 37–41].

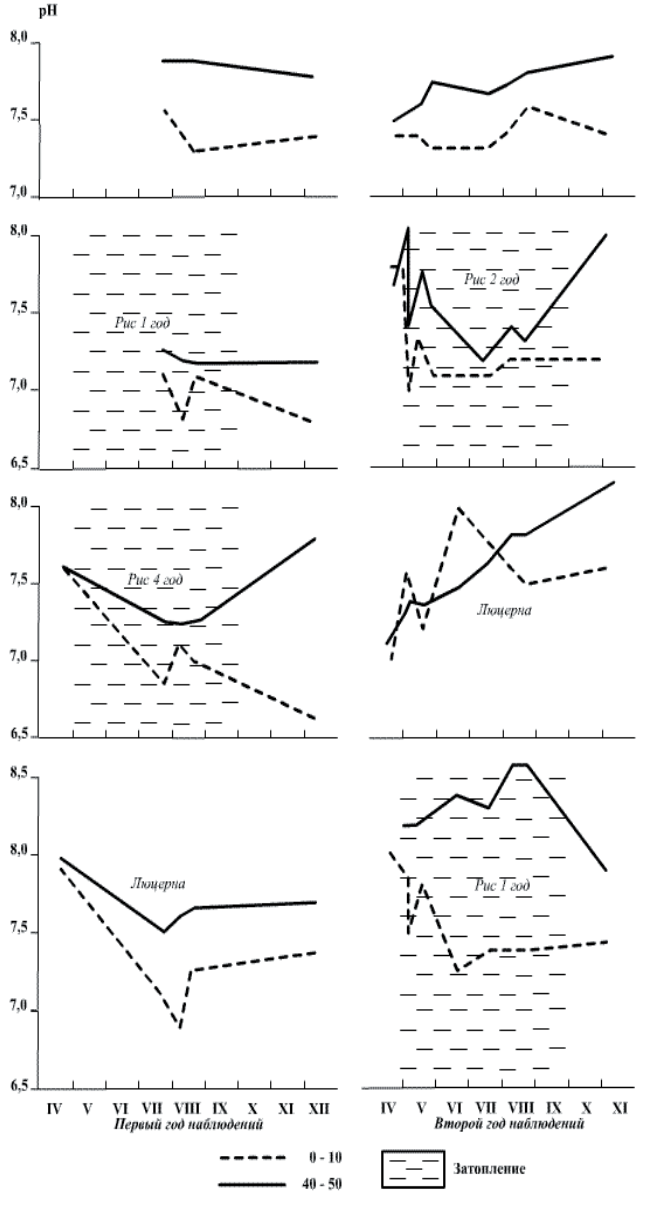

Рис. 1. Динамика pH

Наблюдения за динамикой pH проводились на участках южных чернозёмов, используемых в течение различного количества лет под рис и под сопутствующие рису культуры, а также на участке неорошаемых южных чернозёмов, находящихся в сходных геоморфологических условиях за пределами рисовой системы.

Фактические материалы, полученные нами в условиях полевого эксперимента, проведённого в течение двух лет на южных чернозёмах, и анализ мировой литературы по динамике кислотно-щелочных условий почв рисовых полей указывает на несомненное своеобразие многих процессов и явлений, протекающих в них.

Реакция среды неорошаемого южного чернозёма — слабощелочная и мало изменяется во времени. Колебания pH верхних горизонтов не превышает 0,3 единицы. Вниз по профилю pH увеличивается и на глубине 40–50 см в отдельные периоды составляет 7,8–7,9, что связано с увеличением содержания карбонатов.

Затопление почв, как правило, способствует снижению щелочности чернозёмных почв. Уже на третий день после пуска воды на поля pH верхних горизонтов уменьшается на 0,4–0,8 единицы. В дальнейшем происходит стабилизация pH на уровне 6,9–7,2. Поздней осенью pH почвы почти не изменяется, а весной отмечается значительное подщелачивание (рис. 1).

В условиях затопления, когда диффузия газов резко ограничена, углекислота, образующаяся в результате микробиологической деятельности, аккумулируется в почве. Так за 28 дней, согласно исследованиям И. Ямане [17: p. 112–123], образуется 10–14 т/га CO_2. Таким образом, в затапливаемых южных чернозёмах парциальное давление CO_2 с самого начала определяет pH почвы, вызывая снижение pH почвенного раствора до 6,8–7,2. А динамика pH затапливаемых чернозёмных почв, в отличие от кислых почв, где изменение реакции среды при затоплении непосредственно связано с восстановительным режимом этих почв, а главная роль в повышении pH кислых почв отводится восстановлению железа, не связана корреляционной зависимостью с сезонным изменением окислительно-восстановительного потенциала (коэффициент корреляции равен 0,44).

Кроме того, в залитых чернозёмных почвах происходит резкое увеличение численности анаэробных бактерий, в частности, сахаролитических, продуцирующих органические кислоты, которые также снижают щелочность исследуемых почв.

В какой-то мере снижение pH, по мнению Р.В. Дубовской [4], может быть обусловлено pH-эффектом, — связыванием гумусовыми кислотами железа и алюминия в комплексы с выделением водорода карбоксильных групп.

Заслуживает внимания характер динамики величин pH после сброса воды, как во времени, так и в радиальном (профильном) аспекте: отмечается снижение pH не только в верхней десятисантиметровой части (до 0,4 pH), но и по всей глубине пахотного горизонта. Можно предположить, что выпавшие в осенний период дожди способствовали не только окислению восстановленных соединений в поверхностном слое почвы и, как следствие окисления, снижению щелочности, но и их нисходящему (радиальному) перемещению (иллювиированию). Причём наибольший эффект подкисления пахотного горизонта отмечается в почвах, используемых под бессменные четырехлетние посевы риса.

Уменьшение величины pH связано со снижением деятельности сульфатредуцирующих и денитрифицирующих бактерий. Кроме того, снижением щелочности почв после сброса воды и последующей просушки рисового поля, сопровождающейся промывкой их дождевыми водами, может быть объяснено

окисление восстановленных соединений, образовавшихся и сохраняющихся в затапливаемых почвах рисовых полей. В литературе эта концепция иллюстрируется примером окисления сульфидов за счёт кислорода дождевых вод [11]:

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$
$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + 2O_2 \rightarrow 2Fe_2(SO_4)_2 + H_2O$$
$$2Fe_2(SO_4)_2 + 6H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

При окислении сульфидов, особенно сульфида железа, может образовываться значительное количество серной кислоты. Идет образование азотной кислоты и её солей [5: с. 5–8]. В связи с этим растворы подвергаются подкислению, а в соответствующих условиях даже достигают уровня сильнокислых сред. В сильнокислых растворах легко мигрируют железо, медь, цинк и другие металлы, образующие легкорастворимые сульфаты. Сульфаты железа мигрируют часто на небольшое расстояние, так как они легко гидролизуются, образуя гидрооксиды ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$), которые накапливаются в виде бурой массы.

Весной почвы существенно подщелачиваются. Природа щелочности почв может быть обусловлена практически всеми анионами слабых кислот, присутствующими в водной вытяжке. К числу наиболее сильных оснований в почвах относят сульфид-ионы, фосфат-ионы и карбонат-ионы, константы основности (pKв) и кислотности (pKа) которых соответственно равны: 0,2 и 13,8; 1,6 и 12,4; 3,7 и 10,3, а сопряжённые кислотно-основные пары имеют следующий вид [10]:

$$S^{2-} + HOH \leftrightarrow HS^- + OH^-;$$
$$PO^{3-}_4 + HOH \leftrightarrow HPO^{2-}_4 + OH^-;$$
$$CO^{2-}_3 + HOH \leftrightarrow HCO^-_3 + OH^-.$$

Определённую роль в создании щелочности могут играть также силикаты и органические основания. Силикат-ион, имеющий константу кислотности (pKа) 9,4, имеет наиболее характерную для почв определённую кислотно-основную пару:

$$H_2SiO^-_4 + HOH \leftrightarrow H_4SiO_4 + OH^-.$$

Реальный же вклад различных анионов в формирование щелочности почв определяется не только константой основности, но также и концентрацией этих ионов в почвенных растворах. В чернозёмных почвах в составе анионов преобладают карбонаты, которыми и бывает обусловлена щелочность.

В условиях затопления pH всегда выше в нижних горизонтах, что объясняется слабой биологической активностью этих горизонтов в связи с уменьшением с глубиной органических веществ (в частности, для нижних горизонтов почв характерно уменьшение численности кислотообразующих бактерий).

При выходе почв из-под затопления и использования их под сопутствующую рису культуру в отдельные периоды отмечается некоторое подщелачивание почв (см. рис. 1). Увеличение pH может быть связано с имеющим место развитием сульфатредуцирующих бактерий и наличием соды.

Проведёнными нами исследованиями, а также И.Н. Гоголевым [2: с. 131–134] и С.П. Позняком [12]) установлено, что в первые сутки после каждого полива pH южных чернозёмов в верхнем слое увеличивается на 1,0–1,5 еди-

ницы и восстанавливается только через несколько дней. Появление щелочного удара во время поливов объясняется обессоленностью верхних горизонтов орошаемых почв и связанным с этим нарушением равновесия между ППК и почвенным раствором, в частности с крайне низким в нём содержанием кальция. Причина щелочного удара кроется в нарушении углекисло-кальциевого баланса оросительной воды в результате ее быстрого нагревания при попадании на нагретую поверхность почвы [3: с. 29]. При этом растворимость углекислого газа в воде уменьшается, появляются щелочные ионы CO_3^{2-}, резко уменьшается концентрация ионов кальция. Ионы кальция постепенно переходят в нерастворимую форму $CaCO_3$. В то же время концентрация иона натрия остаётся на том же уровне, что и в исходных оросительных водах, что является причиной резкого изменения pH почвенного раствора. В последующие сутки после полива в результате активизации жизнедеятельности почвенных микроорганизмов почвенный раствор обогащается углекислым газом и pH снижается до почти исходного для данной почвы значения, определяемого составом поглощённых оснований почвенного поглощающего комплекса. В сильно обессоленных почвах следует ожидать относительно более быстрого развития процесса осолонцевания почв и более резких колебаний значений pH [2: с. 131–134]. Щелочной удар весьма отрицательно сказывается на урожае сельскохозяйственных культур. Исследования показывают, что в момент такого удара поражается активная часть корней растений, а корневые волоски, получающие щелочной ожог, отмирают. При pH почвы 7,5 и выше резко снижается растворимость и доступность для растений таких питательных элементов, как фосфор, калий, железо, марганец, медь, бор и др. [13]. В момент щелочного ожога создаются условия для внедрения натрия в состав ППК даже при низкой минерализации оросительной воды. Однако сода в почвах, как правило, не накапливается, а к 8–10-му дню после полива исчезает; pH почвы снижается до исходного уровня, что связано с увеличением выделения CO_2 в почвенный воздух и почвенный раствор как следствие активизации биохимических процессов в почвах при поливе. По этой причине в практике сельскохозяйственного производства полив в жаркое время суток не производится.

Реакция применяемых для полива оросительных вод, по нашим данным, щелочная, а иногда и сильно щелочная. Формирование химического состава поверхностных вод и почвенных растворов происходит в различных условиях. В то время как химический состав почвенных растворов затопленной почвы формируется в условиях изолированности от газовой фазы, поверхностные воды находятся под ее непосредственным влиянием. В частности, содержание $CO_{2св}$ в поверхностной воде определяется, с одной стороны, процессами её поступления за счёт диффузии из почвенного раствора, с другой — парциальным давлением CO_2 в атмосфере над раствором (PCO_2).

Содержание CO_2 в поверхностных водах постоянно стремится к равновесию с PCO_2. Однако в дневное время на рисовых чеках концентрация CO_2 бывает даже ниже значений, определяемых PCO_2 [7: с. 37–41]. В первую оче-

редь, это связано с жизнедеятельностью зеленых и сине-зеленых водорослей (цианобактерий), активно использующих $CO_{2св}$ в процессе фотосинтеза. Уменьшение содержания $CO_{2св}$ в воде рисового чека вызывает глубокое изменение состояния карбонатно-кальциевой системы. Наблюдаются изменения в составе форм производных угольной кислоты: снижается содержание ионов HCO_3^- и отмечается увеличение содержания CO_3^{2-}, возникает перенасыщение $CaCO_3$ [6]. Все это приводит к подщелачиванию среды. Такое явление известно в гидрохимии поверхностных вод суши и называется биологической декальцинацией растворов [1: Т. 25, с. 3–15]. Процесс биологической декальцинации водооросительных и дренажно-сбросных каналов развит намного слабее в связи с меньшей численностью в них альгофлоры.

Результаты исследования динамики pH автоморфных южных чернозёмов, используемых под культуру риса, показали:

1. Неорошаемые южные чернозёмы характеризуются слабощелочной реакцией среды и слабым варьированием во времени.

2. При использовании южных чернозёмов в рисовых севооборотах динамика pH отличается от динамики неорошаемых почв. Затопление чернозёмов вызывает подкисление почвы и стабилизацию pH на уровне 6,9–7,2, что согласуется с литературными данными по динамике pH затапливаемых щелочных и карбонатных почв.

3. Снижение pH в южных чернозёмах, используемых под культуру риса в первую очередь связано с увеличением парциального давления CO_2, так как pH регулируется карбонатными системами, а также может быть вызвано продуцированием микроорганизмами (в частности, сахаролитическими) органических кислот и в какой-то мере pH-эффектом.

4. Изменение температурного режима на залитых водой рисовых чеках из-за сильного прогрева оросительной воды в жаркое время года и обильное развитие водорослей обусловливают сдвиг карбонатно-кальциевого равновесия в водах, нарушение гидрохимического режима и трансформацию состава вод, как результат — подщелачивание вод, содообразование, сокращение свободного кальция. Орошение чернозёмов такими трансформированными водами, с низким соотношением Ca^{2+}/ Na^+ неизбежно со временем приведёт к их осолонцеванию.

5. Динамика pH затапливаемых чернозёмных почв, в отличие от кислых почв, не связана коррелятивной зависимостью с сезонным изменением окислительно-восстановительного потенциала (коэффициент корреляции равен 0,44).

6. Использование южных чернозёмов под сопутствующую рису культуру приводит в отдельные периоды к ощелачиванию почв.

7. В почвах, используемых под сопутствующие рису сельскохозяйственные культуры, величина pH подвержена суточной динамике, особенно при поливе в жаркое время суток, когда щелочность почв резко увеличивается в результате температурной и испарительной трансформации почвенного раствора. Такого рода щелочные ожоги являются одной из причин снижения урожайности сопутствующих рису сельскохозяйственных культур.

Литература

1. *Алекин О.А., Моричева Н.П.* К вопросу о происхождении и будущем ионного состава Аральского моря // Гидрохимические материалы. — М., 1955.
2. *Гоголев И.Н.* Перспективы и почвенно-геохимические проблемы орошения в степной зоне Украины // Физ. геогр. и геоморфол. — 1980. — № 4.
3. *Гоголев И.Н., Хохленко Т.Н.* Термодинамический потенциал оценки вод и состояния орошаемых почв // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Качество воды для орошения». — Алма-Ата, 1988.
4. *Дубовская Р.В.* Влияние восстановительных процессов на физико-химические свойства почвы // Тр. Харьковского с.-х. ин-та, — 1970. Т. 139.
5. *Ковда В.А.* Современное состояние круговорота азота в биосфере // Круговорот азота в системе почва-удобрения-растения-вода. — М.: Наука, 1979.
6. *Минкин М.Б., Ендовицкий А.П., Калиниченко В.П.* Карбонатно-кальциевое равновесие в почвенных растворах. — М.: МСХА, 1995.
7. *Минкин Н.Б., Андреев А.Г.* Динамика карбонатно-кальциевой системы в почвенных растворах и поверхностных водах при возделывании риса // Почвоведение, — 1982. — № 5.
8. *Мицуи С.* Минеральное питание риса, удобрение и мелиорация орошаемых рисовых почв. — М.: ИЛ, 1960.
9. *Николаева С.А., Еремина А.М.* Трансформация соединений железа в чернозёмах в условиях повышенной увлажнённости почв // Почвоведение. — 2001.
10. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. — М.: МГУ. 1990.
11. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. — М.: Высшая школа, 1975.
12. *Позняк С.П.* Орошаемые чернозёмы юго-запада Украины. — Львов, 1997.
13. *Томсон Л,М, Троу Ф.П.* Почвы и их плодородие. — М., 1982.
14. *Ponnamperuma P.M.* The chemistry of submerged soils // Adv. Agro. — 1972. — V. 24. — № 2.
15. *Ponnamperuma P.M., Loy T. and Tianco E.M.* Redox equilibrium in flooded soils. 2. The manganese oxide systems // Soil Sci. — 1969. — V. 108. — № 1.
16. *Ponnamperuma P.M., Nartines E. and Loy T.* Influence of redox potential and partial pressure of carbon dioxide on pH values and the suspension effect of flooded soils // Soil Sci. — 1966. — V. 101. — № 6.
17. *Yamane I.* Reduction of nitrate and sulfate in submerged soils with special reference to redox potential and water-soluble sugar content of soils. // Soil Sci. and Plant Nutr. — 1969. — V. 15. — № 4.

Л.В. Назаренко

Некоторые особенности криосохранения биологических объектов

Актуальность задачи надежного хранения активно метаболизирующих клеток в неизменном состоянии для биотехнологии трудно переоценить. Криосохранение их — единственное средство неограниченно длительного хранения клеточных штаммов, тканей и микроорганизмов. В работе изложены данные по выяснению механизмов криоповреждений и криозащиты биологических систем разных уровней организации.

В настоящее время в условиях глобального экологического неблагополучия проблема сохранения биоразнообразия приобрела особую актуальность. В связи с необходимостью сохранения и восстановления генетических ресурсов дикорастущих растений была принята Международная конвенция по сохранению биологического разнообразия.

Во многих странах создаются национальные программы по сохранению природного богатства генетических фиторесурсов. Необходимым компонентом таких программ является создание банков зародышевой плазмы (germplasm): семян, пыльцы, зародышей, культур тканей и клеток и другого генетического материала.

Проблема надежного и неограниченно длительного хранения с наименьшими затратами и на минимальной площади решается в криобанке. В 1979 году для спасения исчезающих видов в дополнение к традиционным способам было предложено хранить семена, апексы, эмбриоиды и клетки, культивируемые in vitro и способные регенерировать растения, в жидком азоте. Криобанки семян сельскохозяйственных культур и их дикорастущих сородичей существуют в развитых странах уже около 40 лет.

Проблема хранения генофонда растений и их клеточных штаммов стала, в сущности, проблемой криосохранения семян, апексов побегов, эмбрионов и клеток in vitro. Апексы in vitro, в отличие от клеток, регенерируют исходный генотип и обеспечивают сохранение не только сортов, форм и видов, вегетативно размножающихся и других растений, но и клонирование отдельных элитных экземпляров.

Таким образом, криосохранение — единственный способ длительного хранения клеточных штаммов, тканей и микроорганизмов.

Термин «криосохранение» (cryopreservation) употребляется для обозначения сложного многоэтапного процесса, который проводится с целью неограниченно долго сохранить стабильными живые клетки, ткани и органы в состоянии анабиоза [3: с. 495–496].

Холодовой анабиоз индуцируется в клетках гипотермией и замораживанием до низких температур. Только в состоянии глубокого анабиоза, когда полностью останавливаются обменные, биохимические реакции и отсутствует жидкая фаза, создаются условия для длительного хранения биологической системы с последующим полным возвратом ее к исходному состоянию в условиях нормотермии. Самое главное — это сохранить жизнеспособность клеток, их свойства, а также способность к морфогенезу и регенерации растений после воздействия сверхнизких температур.

Единственно надежное средство для решения этой задачи — глубокий холод (–140°С и ниже), который дает жидкий азот (–196°С).

Таким образом, исследования в области криобиологии направлены на решение фундаментальной проблемы биологии, а именно — перевод биологической системы в состояние искусственного глубокого холодового анабиоза с целью продолжительного хранения с последующим возобновлением роста после оттаивания [3: с. 485–496].

Важнейший этап процесса криосохранения — замораживание. На этом этапе возникают трудности, так как существуют 2 группы объектов, подвергаемых криосохранению.

Первая группа — это ткани, содержание воды в которых минимально (пыльца, ортодоксальные семена). Для таких объектов этот процесс достаточно прост. Их можно прямо погружать в жидкий азот и оттаивать впоследствии на воздухе в обычных условиях.

Вторая группа — это большинство растительных тканей. Для них характерны большие размеры клеток, прочная целлюлозная стенка и наличие центральной вакуоли. Причём именно степень вакуолизации клетки (оводненность) играет основную роль в устойчивости к действию низких температур. У таких объектов приём простого замораживания мало эффективен, так как не происходит сохранение всех исходных свойств и жизнеспособности.

Один из повреждающих факторов при замораживании — лед, возникающий сначала в растворе вокруг клеток, а другой — дегидратация клеток, вызываемая ростом кристаллов этого внеклеточного льда.

Первая задача криосохранения — предотвратить образование кристаллов льда внутри клеток. В случае клеток растений эта задача решается труднее, чем для других объектов, вследствие обилия в них свободной воды. Эту трудность можно преодолеть снижением скорости охлаждения или предварительным обезвоживанием клеток. Известно, чем больше воды в клетке, тем меньше должна быть скорость замораживания. С другой стороны, предварительное обезвоживание клеток может вызвать их повреждения, связанные с дегидратацией.

Вторая задача криосохранения — ослабить группу стрессовых воздействий, вызванных неизбежной дегидратацией (денатурация белков, нарушение функционирования мембран, увеличение концентрации ионов до токсических величин, нарушение синтеза нормальных клеточных белков). Чтобы ослабить их действие, необходимы и оптимальный состав смеси протекторов, и оптимальная скорость замораживания, и более того — оптимизация всей программы процесса криосохранения [1, 3, 5].

В связи с этим возникла необходимость проведения планомерных фундаментальных и прикладных исследований по выяснению механизмов криоповреждений и криозащиты биологических систем разных уровней организации.

1. Предотвращение внутриклеточного образования льда

Клетка погибает при образовании льда в протопласте. Безопасны для структур клетки кристаллы размером не более 0,1 мкм. При медленном замораживании (в парах жидкого азота или в специальных программных замораживателях) лед образуется, в первую очередь, в межклетниках. По мере охлаждения возникшие в апопласте кристаллы льда растут за счёт воды. Лёд формирует градиент водного потенциала, направленный из клеток в межклетники. Это постепенно приводит к дегидратации клеток, и, как следствие, организм успевает приспособиться к низким температурам.

Таким образом, постепенная дегидратация протопласта является одним из необходимых условий выживания клеток при замораживании [4: с. 3–9].

2. Биологические антифризы

В клетках некоторых растений синтезируются высокомолекулярные соединения, тормозящие процессы роста кристаллов льда. Эти соединения получили название биологических антифризов. Антифризы можно выделить экстракцией из апопласта. Сведения об антифризной активности внутри клеток отсутствуют, поэтому считается, что они препятствуют внеклеточному образованию льда, особенно в тех органах и тканях, чьи клетки должны сохранить максимальное количество воды и находиться в переохлаждённом состоянии (почки и меристемы).

Известны антифризы белковой, гликопротеиновой и полисахаридной природы. Считается, что действие антифризов основано на наличии в их молекулах большого числа полярных группировок. Таким образом, возможно, с помощью антифризов осуществляется блокада роста кристаллов льда [1, 5].

3. Накопление сахаров и других совместимых осмолитов

Регуляция осмотического давления в клетках при холодовой дегидратации осуществляется преимущественно за счёт биосинтеза низкомолекулярных органических соединений, которые получили название осмолитов. Они хорошо растворимы в воде, нетоксичны, не вызывают изменений в метаболизме, отчего и получили второе название совместимых веществ. Это могут быть моно- и олигосахариды, многоатомные спирты, аминокислоты, бетаины, амины и белки.

Наряду с осморегуляцией совместимые вещества выполняют еще одну очень важную при дегидратации функцию. Эта функция может быть определена как защитная (протекторная) по отношению к биополимерам цитоплазмы. Подчёркивая двойную роль осмолитов, их часто называют криопротекторами (греч. *kryos* — холод, лат. *protector* — покровитель, защитник).

Наиболее известны такие криопротекторы, как диметилсульфоксид (ДМСО), различные сахара, глицерин, этиленгликоль, пролин. Криопротекторы, синтезируясь в клетках при пониженных температурах, могут предотвратить или резко замедлить рост кристаллов льда.

Таким образом, гидрофильные белки, моно- и олигосахариды, обладающие криопротекторным эффектом, способны связывать значительные коли-

чества воды. Связанная таким образом вода уже не замерзает и не транспортируется. Белки и углеводы, обладающие криопротекторным эффектом, способны стабилизировать другие белки и клеточные мембраны при дегидратации клеток, инициированной низкими температурами. Считается, что осмолиты не разрушают гидратные оболочки биополимеров [1–5].

4. Изменение состава мембранных липидов и текучести мембран

Дегидратация клеток оказывает непосредственное действие на структурное состояние липидов мембран. Мембраны в норме связывают до 30–50% воды клетки. Взаимодействуя с заряженными и полярными группами белков и фосфолипидов, вода стабилизирует структуру мембран. На начальной стадии потери воды отмечен фазовый переход мембран из жидкокристаллического в гелеобразное состояние. При более сильной дегидратации, когда остаётся не более 20 % воды, липиды мембран переходят в гексагональную форму. Процент гибели протопластов коррелирует с числом участков мембраны, находящихся в гексагональной форме.

Основной причиной повреждающего действия низких температур на клетки является нарушение функционирования клеточных мембран из-за их затвердевания, связанного с фазовыми переходами, поскольку при достаточно низких температурах липидные бислои ведут себя, как твёрдые тела. При температуре выше фазового перехода структура бислоя сохраняется, при этом жирные кислоты «плавятся», в результате чего вращение и скручивание молекул происходит легче, чем при низких температурах.

Различная реакция на низкие температуры определяется, в первую очередь, различиями в составе жирных кислот, входящих в состав мембранных фосфолипидов. Когда в фосфолипидах велико содержание насыщенных жирных кислот (таких как пальмитиновая и стеариновая), для таких мембран характерны более высокие температуры фазового перехода. При этом они становятся менее текучими, что нарушает функционирование многих белков — каналов, переносчиков, рецепторов, ферментов и т.п. Выявлено, что увеличение количества ненасыщенных жирных кислот (таких как линоленовая и линолевая) в составе мембран приводит к снижению температуры фазового перехода мембранных липидов и, как результат, увеличивается текучесть таких мембран. Известно, что замену в липидах насыщенных жирных кислот на ненасыщенные осуществляют ферменты десатуразы. Активность этих ферментов, а также экспрессия кодирующих их генов резко возрастает в ответ на действие низких температур.

Сильная дегидратация может стать причиной нарушения связи между липидами и белками мембран. При внеклеточном образовании льда в мембранах появляются участки, не содержащие белков.

Таким образом, главной мишенью криоповреждений клеток растений является плазмалемма [1–5].

5. Изменения в составе и структуре белков в ответ на холодовой стресс и синтез de novo стрессовых белков холодового ответа

В формирование механизмов устойчивости клеток вовлечены белки, выполняющие различные функции. Многие из них синтезируются de novo как

ответная реакция на действие низких температур. Эти белки получили название белков холодового шока (БХШ), значительная часть их выделена, однако функции недостаточно изучены. Предполагается, что они могут поддерживать структуру биополимеров в условиях водного дефицита или представляют собой ферменты, адаптированные к низким температурам.

В настоящее время идентифицированы несколько генов и кодируемых ими белков холодового ответа, которые обозначаются как COR-белки (cold — responsive proteins — белки холодового ответа). Кодируемые этими генами белки крайне гидрофильны. Они повышают криоустойчивость плазмалеммы и хлоропластных мембран. Повышение устойчивости к низким температурам организма зависит от одновременной «работы» всего семейства COR-генов.

Часть индуцируемых белков защищает биополимеры цитоплазмы и клеточные структуры от повреждений, вызванных дегидратацией. К ним относятся LEA — белки (**l**ate **e**mbryogenesis **a**bundant — белки, часто встречающиеся в позднем эмбриогенезе) и белки-дегидрины. Принадлежащие к этим семействам белки синтезируются при созревании семян, водном дефиците, обработке растений АБК. Они обладают необычным свойством: способны сохранять свою структуру при резких колебаниях температуры. Продуктами генов *LEA* являются гидрофильные белки, способные очень прочно удерживать воду, стабилизируя другие белки и клеточные мембраны при дегидратации.

Стрессовые условия активируют также биосинтез белков-шаперонов, протеаз и убиквитинов в клетках.[1, 2, 4: с. 3–9, 5]

6. АБК

Важная роль в адаптации клеток растений к низким температурам принадлежит фитогормону АБК (абсцизовая кислота). На многих растениях из разных систематических групп показано увеличение содержания АБК при пониженных температурах, причем у разных видов степень увеличения была различна. Холодовая дегидратация сопровождается значительным повышением концентрации гормона в растительных тканях и синтезом в них новых белков. Активность многих генов и белков, которые экспрессируются при низкой температуре или водном дефиците, может быть индуцирована обработкой АБК.

Таким образом, накопление АБК в ткани при пониженной температуре приводит к экспрессии ряда генов и появлению криопротекторных белков [3, 4: с. 3–9].

7. Окислительный стресс

При низких температурах наблюдается интенсивное образование АФК (активных форм кислорода) в хлоропластах, митохондриях, пероксисомах и апопласте, в клетке накапливается перекись и развивается окислительный стресс.

Окислительный стресс является центральным фактором многих абиотических стрессов. Возросший уровень АФК действует как внутриклеточный сигнал, реагируя на который клетка включает защитные программы и изменяет свой метаболизм.

Важный фактор устойчивости клеток к низкотемпературному воздействию — функционирование мощной антиоксидантной системы. В эту про-

тивоокислительную систему входят высокомолекулярные антиоксиданты — ферменты, такие как супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, пероксидаза, глутатион-редуктаза, а также низкомолекулярные — аскорбат, альфа-токоферол, глутатион, фенольные соединения. При низкотемпературном стрессе активность антиоксидантных ферментов значительно возрастает, увеличивается и содержание низкомолекулярных антиоксидантов. Все это способствует снижению повреждения клеток при действии низких температур [5].

8. Способы подготовки клеток к глубокому замораживанию

Для расширения применения криосохранения, учитывая повреждающие факторы, необходимо разрабатывать различные методы подготовки клеток к действию низких температур.

Устойчивость клеток зависит от их исходного морфофункционального состояния, которое определяется особенностями культивирования, фазой роста и т.д. Так клетки в стационарной фазе обладают наиболее высокой устойчивостью. Можно подвергать замораживанию клетки и в логарифмической фазе роста, тогда для них необходимо подобрать оптимальную скорость охлаждения, иногда возникает необходимость в применении криопротекторов.

Технологически процесс криоконсервации многоэтапен. Первый этап — стадия предварительного культивирования перед криоконсервированием. От состава среды культивирования в ряде случаев зависит криоустойчивость организмов. Отмечено, положительное влияние на криоустойчивость как краткой инкубации клеток при пониженной температуре, так и закаливания — естественной подготовки морозоустойчивых клеток. Закаливание суспензий клеток проводят, постепенно снижая температуру культивирования и одновременно увеличивая концентрацию сахарозы в среде, затем добавляют и разные криопротекторы. Однако способность к закаливанию генетически детерминирована.

Другой физиологический подход подготовки к криосохранению основан на снижении водного потенциала среды при добавлении в нее осмотически активных веществ — криопротекторов. Криопротекторами могут служить ДМСО, глицерин, сахароза, манит, сорбит, трегалоза и смеси этих растворов. Положительный эффект данной подготовки к криосохранению связан со снижением оводненности клеток.

Следующий способ подготовки связан с известной физиологической ролью некоторых эндогенных аминокислот, особенно пролина, при различных стрессах, обусловленных водным дефицитом. Для этих целей применяют также аланин, аспарагин, серин и глицин.

Как известно, образование стрессовых белков, обуславливающих устойчивость к низким температурам, регулируется фитогормоном АБК. Для целей криоконсервирования растительных объектов важна возможность увеличения морозоустойчивости и формирования защитных механизмов в результате воздействия на клетки экзогенной АБК.

При наблюдении за клетками под криомикроскопом четко видно образование внутриклеточного льда, находящееся в прямой зависимости от степени переохлаждения, от скорости замораживания, от наличия или отсутствия инициации кристаллизации раствора, окружающего клетки. Так при крио-

сохранении клеток, тканей растений и микроорганизмов целесообразно применять программное замораживание с инициацией кристаллизации и скоростью охлаждения на первом этапе замораживания 0,25–1,0ºС/мин (до –40ºС). На втором этапе увеличивать скорость до 9–10ºС/мин и около –60ºС быстро погружать в жидкий азот.

Этап удаления криопротекторов и рекультивирования также требует особых предосторожностей, так как выжившие клетки перенесли сильнейший стресс и частично повреждены. Для сохранения таких клеток необходимо свести к минимуму все воздействия, которые могут дополнительно повредить клетки и плазмалемму [3, 4].

Таким образом, если к моменту глубокого замораживания клеточные штаммы сохраняли способность к регенерации, то и после криосохранения также имеется возможность регенерировать эти растения независимо от сроков хранения в жидком азоте, так как эмбриогенные и морфогенетические потенции в результате криосохранения не изменяются. Конечно, если режим хранения не был нарушен, т.е. температура никогда не превышала –140ºС, а все этапы криоконсервирования были достаточно оптимизированы. Следовательно, криосохранение является фактической консервацией в состоянии анабиоза (криобиоза), когда все процессы жизнедеятельности прекращены, но при правильном оттаивании и рекультивировании их можно возобновить и «оживить» биологические объекты.

Криосохранение достаточно надёжно обеспечивает сохранение генофонда. К настоящему времени в Институте физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН разработаны способы криосохранения более 20 клеточных штаммов, полученных из 13 видов растений, и меристем земляники, наперстянки, ромашки, малины, гвоздики и картофеля. Из них 14 штаммов — продуценты экономически важных веществ. Полное восстановление роста культур получено после 25 лет хранения. Возобновлённые культуры сохранили все свои основные характеристики, клетки картофеля, моркови и меристемы регенерировали растения. Кроме того, в криобанке хранятся семена более 100 видов охраняемых растений, собранных сотрудниками разных институтов на пространстве от Балтики до Курил. Однако криосохранение требует дальнейшей работы по подбору условий к обеспечению выживания клеток. При этом следует учитывать морфофизиологические и генетические особенности клеток, способность их к закаливанию, степень проницаемости клеточных мембран; необходимо правильно подобрать смесь криопротекторов, скорость снижения температуры при замораживании и, соответственно, условия оттаивания.

Литература

1. *Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А.* Физиология растений. — М.: Высшая школа, 2005.
2. *Медведев С.С.* Физиология растений. — СПб., 2004.
3. *Попов А.С.* Некоторые механизмы криоповреждений клеток растений in vitro и особенности их криосохранения // Физиология растений. — 1993. — Т. 40. — № 3.
4. *Трунова Т.И.* Физиологические и биохимические основы адаптации растений к морозу // Сельскохозяйственная биология. — 1984. — № 6.
5. *Физиология растений* / Под ред. Ермакова. — М.: Изд. центр «Академия», 2005.

Е.О. Фадеева

Популяции грача (*Corvus frugilegus L.*) в условиях антропогенной трансформации среды (эколого-морфологический аспект)

Представлены результаты изучения спектра естественной изменчивости, включая популяционно-структурные и популяционно-функциональные параметры, а также комплекс морфометрических, фенетических и цитогенетических показателей в популяциях грача — широко распространенного представителя синантропных видов врановых птиц, спровоцированных антропогенной трансформацией природных ландшафтов Окско-Донского междуречья. Результаты исследования позволяют сделать вывод о высокой экологической пластичности грача к антропогенно трансформированной среде обитания и о наличии определённых адаптивных изменений, обеспечивающих успешное существование вида в новых условиях.

Специфика влияния на организмы антропогенных факторов, включая популяционно-структурные и популяционно-функциональные параметры, а также комплекс морфометрических, фенетических и цитогенетических показателей, подробно изучена на примере ряда систематических групп [1: с. 58–65, 2: с. 343–354, 4, 5, 6: с. 30–35]. Однако широко распространённые, многочисленные и составляющие в биоценозах значительную по биомассе долю синантропные виды врановых птиц в этом отношении изучены недостаточно. Представляют несомненный интерес результаты изучения феноменологии реакций природных популяций грача — широко распространённого представителя синантропных видов врановых птиц — на стремительную антропогенную трансформацию среды обитания.

Изучение экологии грача проводится нами с 1992 года по настоящее время в антропогенных ландшафтах Окско-Донского междуречья (ОДМ), отличающегося напряжённой экологической обстановкой, что обусловлено значительной численностью городского населения (84%), высоким уровнем экономической освоенности и концентрацией в регионе мощных предприятий металлургической, химической, топливно-энергетической, машиностроительной отраслей промышленности, предприятий стройиндустрии, агропромышленного комплекса. Хотя выброс вредных веществ в атмосферу и сброс загрязненных стоков за последние годы объективно снизился, экологическая обстановка в Тульской области в силу инерционных природных процессов существенно не изменилась. На территории области продолжают действовать сотни промышленных предприятий, которые используют специфичные технологии с большой агрессивной нагрузкой на среду. Ежегодно в атмосферу области выбрасывается свыше 300 тыс. тонн загрязняющих веществ 188 наименований [3: с. 7–15]. Экологическую обстановку осложняет загрязнение цезием-137, выпавшим в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Не случайно Тульская область, административные границы которой совпадают с территорией ОДМ, отнесена к 12 наиболее экологически неблагополучным регионам Российской Федерации.

Из всех встречающихся в антропогенных ландшафтах Окско-Донского междуречья синантропных видов врановых птиц грач наиболее распростра-

нён, в том числе и в районах техногенного загрязнения. В настоящее время грач — оседло-кочующий, многочисленный, прогрессивно увеличивающий численность представитель синантропных видов птиц, гнездящийся на всей территории ОДМ [8: с. 907–621, 9]. Грач был выбран нами в качестве модельного вида, как наиболее полно отвечающий цели наших исследований — изучению спектра естественной изменчивости по большинству популяционных параметров и морфологических показателей в природных популяциях позвоночных, спровоцированных антропогенной трансформацией среды обитания и, прежде всего, воздействием техногенного загрязнения среды. Проведённый нами анализ характера размещения грачевников на территориях населённых пунктов показывает, что грач успешно адаптируется в сложной экологической обстановке городских и поселковых биотопов, несмотря на значительную степень техногенного загрязнения и урбанизации. Результаты сравнительного исследования эффективности размножения и анализ изменчивости оологических параметров в колониях грача, расположенных в районах с разным характером техногенного загрязнения, позволили сделать вывод о высокой экологической пластичности грача к трансформируемой среде обитания в условиях антропогенного ландшафта. Так, средние морфометрические показатели оологических характеристик во всех исследованных колониях грача оказались близкими по значению. Более того, грачи сохраняют ту же эффективность размножения в условиях постоянного облучения малыми дозами, что и популяции грача в условно чистых районах [9].

Успешное существование и воспроизводство популяций грача в сложных условиях антропогенных ландшафтов обусловило необходимость проведения сравнительного эколого-морфологического исследования популяций грача, подверженных влиянию техногенных поллютантов.

Для установления морфологических отклонений исследования проводили на фенотипическом, цитогенетическом и цитологическом уровне.

Для фенотипического анализа были использованы девять морфометрических признаков и неметрические вариации фолидоза грача, включающие пять меристических признаков и число хрящевых колец в трахее. Во всех популяциях грача, подверженных влиянию техногенных поллютантов, не было обнаружено значимых фенотипических отклонений [7: с. 424–443; 9].

В качестве объекта цитогенетических исследований мутагенного эффекта загрязнения среды был выбран эпителий роговицы глаза грача. Наличие в эпителии роговицы постоянно большого числа клеток, находящихся в процессе деления, определяет его высокую чувствительность к различного рода воздействиям, в том числе к действию мутагенных факторов. В качестве теста служил процент клеток с хромосомными аберрациями (анафазный метод). Анализ частоты встречаемости хромосомных аберраций в клетках различных организмов до сих пор является классическим и наиболее распространённым методом оценки наличия и интенсивности воздействия различных генотоксических факторов.

Роговицы брали от 5 до 7 птиц из каждой колонии. В качестве фиксатора применяли спирт-уксусную смесь. Зафиксированные роговицы окрашивали

гематоксилином по Караччи и делали из них тотальные препараты. При подсчете процентного содержания клеток с хромосомными аберрациями учитывали клетки, находящиеся в стадии поздней анафазы и ранней телофазы. Патологию клеточного деления выявляли в нерасхождении хромосом, в появлении ацентрических фрагментов, в образовании «гигантских» клеток с 3–4 фигурами деления. Количественные данные обрабатывали по Фишеру-Стьюденту.

Цитогенетический анализ установил, что обитание животных в зонах антропогенного загрязнения приводит к значительным изменениям состояния тканей. Отмечается увеличение процента клеток, несущих хромосомные аберрации в эпителии роговицы, а также изменение темпа клеточного деления. Наиболее высокая частота поврежденных клеток обнаружена у грачей из района с наибольшей плотностью радиоактивного загрязнения и составляет 11,43% (±3,61), что в 81,6 раза выше контроля ($p<0,01$) [7; 9; 10: p. 228].

Для цитологического анализа эффектов техногенного загрязнения проведено электронно-микроскопическое исследование клеток печени грача. Для цитологического анализа эффектов мутагенного загрязнения среды печень является весьма подходящим объектом, представляющим интерес как модельная система слабопролиферирующих клеток, способных, однако, накапливать скрытые генетические повреждения, которые проявляются при стимуляции к пролиферации [4]. Высокоспециализированные печёночные клетки (гепатоциты) обладают высокой чувствительностью к техногенному загрязнению среды. Гепатоциты печени являются весьма чувствительными к действию даже малоинтенсивного хронического облучения [4].

Образцы печени грача (1×1×1 мм) фиксировали 2,5%-ным глутаровым альдегидом на S-коллидиновом буфере при pH = 7,2 с последующей дофиксацией в растворе четырехокиси осмия и после дегидратации в спиртах возрастающей концентрации по стандартной методике заключали в эпоксидную смолу (аралдит). Ультратонкие серийные срезы готовили на ультрамикротоме LKB-III (Швеция), монтировали на бленды, контрастировали уранилацетатом и цитратом свинца по Рейнольдсу, просматривали и фотографировали в электронных микроскопах JEM-100C, JEM-100SX (Япония) при ускоряющем напряжении 80 кВ.

Результаты проведённого нами ультраструктурного исследования клеток печени грача из зон радиоактивного и химического загрязнения среды свидетельствуют о наличии заметных цитоморфологических отклонений от нормы и позволяют отметить, что выявленные ультраструктурные сдвиги обусловлены не только деструктивными, но и активно протекающими компенсаторно-восстановительными процессами. Деструктивные изменения, выявленные в гепатоцитах, касаются, прежде всего, структуры митохондрий: их матрикс гомогенизирован, гиперосмирован, в ряде случаев в них обнаруживаются крупные пузырьки и электронно-плотные миелиноподобные тельца, кристы деформированы. В цитозоле имеется большое количество везикулярных структур: лизосом, микровизикул, пероксисом. В клетках снижается количество рибосом, но возрастает протяжённость агранулярной эндоплазматической сети. Синусоидальные капилляры резко увеличены в размерах, в них сладжированы эритроциты крови. Параллельно протекающие компенсаторно-восстановительные процессы

(активизация вовлечения в циркуляцию крови незрелых форм эритроцитов в ответ на действия повреждающего фактора, преобладание процессов ауто- и пероксидации, направленных на поддержание внутриклеточного гомеостаза) способствуют не только ликвидации структурных повреждений печёночной ткани, но и поддержанию функционального статуса органа [7, 9].

Таким образом, стремительная антропогенная трансформация среды грача глубоко затрагивает все стороны его биологии, закономерно обуславливая формирование эколого-поведенческих и цитоморфологических адаптаций к изменившимся условиям существования. Успешное существование и воспроизводство грача в сложных условиях антропогенных ландшафтов ОДМ позволяет предполагать, что грач обладает высокой экологической пластичностью в условиях антропогенной трансформации среды. Толерантность грача имеет настолько широкий диапазон, что позволяет ему без видимых последствий переносить хроническое синергическое действие низких и средних доз радиации и средней концентрации мутагенных ксенобиотиков, загрязняющих окружающую среду.

Установленное в обследованных популяциях грача отсутствие значимых изменений на фенотипическом уровне и преобладание особей, генетически отличных от контрольной популяции, говорит о наличии определённых адаптивных изменений, обеспечивающих успешное существование вида в новых условиях.

Литература

1. *Безель В.С., Васильев А.Г., Гилева Э.А., Мухин В.А., Никонова Н.Н.* Оценка современного состояния наземных животных экосистем ВУРСа. Популяционные и мутагенные эффекты // Радиация, экология, здоровье: Средний Урал. Ч. 1. — Екатеринбург, 1994.
2. *Большаков В.Н., Пястолова О.А., Вершинин В.Л.* Специфика формирования видовых сообществ животных в техногенных и урбанизированных ландшафтах // Экология. — 2001. — № 5.
3. *Лунев А.В.* Задачи природоохранной деятельности на новом этапе организации // Тульский экологический бюллетень. — Тула, 2003. Вып. 1. — Тула, 2003.
4. *Материй Л.Д., Ермакова О.В., Таскаев А.И.* Морфофункциональная оценка состояния организма мелких млекопитающих в радиоэкологических исследованиях (на примере полевки-экономки). — Сыктывкар, 2003.
5. *Немова Н.Н., Высоцкая Р.У.* Биохимическая индикация состояния рыб. — М.: Наука, 2004.
6. *Пястолова О.А., Вершинин В.Л.* Некоторые цитологические особенности остромордой лягушки на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология. — 1999. — № 1.
7. *Грач (Corvus frugilegus L.)* — природный тест-объект при радиоактивном и химическом загрязнении среды (эколого-морфологический аспект) // Развитие современной орнитологии в Северной Евразии.Труды XII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. — Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006.
8. *Фадеева Е.О.* Экология гнездования грача (Corvus frugilegus L.) в антропогенных ландшафтах Окско-Донского междуречья // Русский Орнитологический журнал. Т. XV. Экспресс-выпуск. — 2006. — № 332.
9. *Экология грача (Corvus frugilegus L.)* в антропогенных ландшафтах Окско-Донского междуречья. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007.

М.К. Нурбеков

Новый взгляд на структуру и функции мультиферментных комплексов аминоацил-тРНК-синтетаз

Открытие неканонических функций и способности к образованию мультиферментных комплексов у аминоацил-тРНК-синтетаз (АРСаз), участвующих в биосинтезе белка, позволяет раскрыть новые, неизвестные ранее механизмы регуляции клеточных процессов. В статье рассмотрен комплекс АРСаз млекопитающих из 9 различных ферментов и 3-х белковых факторов, обеспечивающих в сумме тонкую регуляцию ряда важнейших биологических процессов в клетках млекопитающих. Представлены данные о структуре и функциональной роли комплекса и его компонентов, а также рассмотрены вопросы его эволюции и возможных дополнительных функций.

Успешная расшифровка геномов ряда высших организмов, включая человека, показала наличие существенно меньше ожидаемого количества генов в геномах высших организмов и, в особенности, у человека и незначительную разницу между числом генов у человека и других многоклеточных организмов, например, круглого червя C. elegans [7]. Основной объективной причиной данного феномена было обнаружение в ходе дальнейших исследований интенсификации посттранскрипционного процессинга (дозревания) и модификации предшественников информационной РНК (иРНК) и белков (альтернативный сплайсинг) у млекопитающих.

Изучение структуры и функций сложной сети полифункциональных белков клетки — одна из основных задач наступившей постгеномной эры исследований механизмов жизнедеятельности клетки. Сложность проблемы — в исключительном разнообразии механизмов регуляции, включающих системы, основанные на различии во внутриклеточной локализации, регуляцию экспрессии и секреции, олигомеризацию и образование надмолекулярных комплексов. Таким образом, исследование роли того или иного белка или фермента, особенно, катализирующего важные этапы обмена веществ, становится очень сложной и вместе с тем увлекательной задачей.

Одной из критических стадий внерибосомного этапа биосинтеза белка является специфическое присоединение той или иной аминокислоты к соответствующей транспортной РНК (тРНК). Эту реакцию катализирует чрезвычайно гетерогенный и критически важный для клетки класс ферментов — аминоацил-тРНК-синтетаз (АРСаз). Он включает в себя как минимум 20 различных ферментов по числу соответствующих аминокислот [11].

Реакция специфического аминоацилирования протекает в две стадии, включающие активацию аминокислоты присоединением к ней АТФ с образованием аминоациладенилата и высвобождением пирофосфата. Затем активированная аминокислота связывается с соответствующей тРНК с образованием аминоацил-тРНК. Так как сама тРНК не может «различать» аминокислоты, присоединённые к ее концу, «правильное» распознавание АРСазами специфической аминокислоты и соответствующей тРНК является критиче-

ским для обеспечения точности реализации генетического кода, а «ошибки» на данной стадии приводят к образованию мутантных продуктов гена [11].

Важность данного класса ферментов длительное время привлекала и продолжает привлекать пристальное внимание мирового научного сообщества. Проблеме выделения чистых препаратов ферментов, их характеристики и выяснения тонких механизмов специфического аминоацилирования тРНК было посвящено несколько десятилетий интенсивных исследований. Для многих АРСаз были выделены гены, изучен механизм регуляции генов, получена экспрессия белкового продукта гена в различных системах [1, 5, 8, 11, 15].

В последнее время в связи с открытием важных регуляторных функций АРСаз в клетке, не связанных непосредственно с белковым синтезом, несколько ослабленное внимание к АРСазам вновь стало усиливаться. Среди важных регуляторных функций можно назвать контроль активности генов, апоптоз, ангиогенез, синтез рибосомных РНК, воспалительный процесс [15]. Даже простой перечень регулируемых процессов указывает на важность дополнительных функций АРСаз. Особенностью АРСаз является выраженная склонность к образованию крупных надмолекулярных комплексов, состоящих из определенных ферментов этого класса и ряда белковых факторов. В последнее время была открыта дополнительная мощная антиангиогенная активность у одного из наиболее изученных ферментов этого класса — триптофанил-тРНК-синтетазы (ТРСазы) [8, 15].

Новые данные о структуре и механизме функционирования АРСаз позволяют в некоторой степени переосмыслить такие проблемы, как эволюцию генов и их продуктов, принципы управления внутри- и внеклеточными биологическими процессами, множественность функций белков, особенно при переходе к высшим многоклеточным организмам. Эти данные позволяют лучше понять механизмы развития различных патологий человека и, наконец, создать новое поколение лекарственных средств и медицинских технологий.

В представленной статье будут рассмотрены особенности структурной организации АРСаз в клетках высших организмов и основной перечень известных к настоящему времени функций, выполняемых в клетке мультиферментными комплексами АРСаз.

Неканонические функции АРСаз

Важность АРСаз как основного звена, обеспечивающего точность реализации генетического кода, способствовала их раннему возникновению в процессе эволюции, а их высокая гетерогенность способствовала развитию их мультифункциональности и вовлечению в целый спектр механизмов контроля клеточных процессов. Мультифункциональность АРСаз реализуется, в частности, через образование мультиферментных комплексов и физическое взаимодействие различных ферментов и белков.

Неканонические и некаталитические функции АРСаз появляются уже у прокариотических организмов. Например, треонил-тРНК-синтетаза (ТрРС) из E. coli связывается с лидерной последовательностью собственной иРНК, которая имеет структуру, сходную с соответствующей треониловой тРНК (тРНКТре). Связывание ТрРСазы с собственной иРНК приводит к блокированию доступа малой

30S субчастицы рибосомы к рибосом-связывающей последовательности иРНК и к ингибированию синтеза фермента ТрРСазы [3, 19].

Метионил-тРНК-синтетаза из человека (МетРСаза) в состоянии пролиферации переносится в ядро клетки, где стимулирует синтез рибосомных РНК (рРНК). Глютамил-тРНКсинтетаза (ГлРСаза) человека участвует в регуляции процессов апоптоза (регулируемого самоубийства клеток) [12, 13].

В общем, по мере усложнения организмов АРСазы приобретали все больше неканонических функций. Особенно их разнообразие увеличилось у млекопитающих, что отражает их большую эволюционную развитость и сложность. Для млекопитающих также характерно образование крупных мультиферментных комплексов, участвующих в процессах катализа сложных реакций метаболизма и выполняющих регуляторные функции.

Мультиферментные комплексы АРСаз

Активность ферментов часто контролируется путем образования временных или более постоянных комплексов с другими белками и ферментами. Таким образом, знание состава и структуры таких комлексов позволяет исследователю лучше понять механизм функционирования составляющих комплекс компонентов и всего комплекса в целом. Макромолекулярные комплексы, участвующие в репликации ДНК, транскрипции и трансляции, а также в передаче сигналов и деградации белков, хорошо известны и изучены. Существует ряд доказательств высокой структурированности и организованности белоксинтезирующего комплекса, включающего такие компоненты, как тРНК, АРСазы и факторы элонгации, находящиеся в связи с элементами цитоскелета. АРСазы могут быть подразделены на два класса на основе их структурной организации. Первый класс содержит особый структурный компонент — «складку Россмана» (по имени первооткрывателя) в своем каталитическом домене, в то время как ферменты 2-го класса имеют три высокогомологичные последовательности в своей первичной структуре (их называют «мотивами»). АРСазы существенно различаются также по способности к образованию комплексов друг с другом и с неферментными белковыми факторами [14]. Известно, что только девять определенных АРСаз обоих классов входят в состав подобных комплексов. Среди них встречаются как мономерные формы ферменты, так и димерные. Комплекс содержит также три важных регуляторных белковых фактора — p43, p38 и p18 [9, 20, 21].

Мультиферментный комплекс был выделен до гомогенного состояния из разных источников, в частности из печени крыс, печени и ретикулоцитов кролика, печени и селезенки овцы, а также из ряда других культур клеток млекопитающих [2, 17, 22]. Очищенные комплексы состояли в среднем из 11 полипептидов с молекулярной массой от 18 до 150 кД. Все ферментативные активности комплексов были ассоциированы с соответствующими белками. Мультиферментные комплексы АРСаз изучены с применением практически всего спектра существующих экспериментальных подходов, включая генетические [17].

Несмотря на то что АРСазы являются основными ферментами так называемого домашнего круга, существенными для обеспечения белкового синтеза,

они параллельно могут выполнять «некаталитические» функции в самых различных биологических процессах. Девять АРСаз, входящих в состав мультиферментного комплекса, взаимодействуют друг с другом и одновременно способны, как уже отмечалось выше, специфически связываться еще с тремя различными белковыми факторами — p43, p38, p18. Структура этих факторов, несмотря на то, что их открыли относительно давно, практически неизвестна. Достоверно установлено, что входящие в комплекс АРСазы отличаются от невходящих именно по способности связываться с указанными факторами. Эти факторы не только способствуют каталитической активности и стабильности ассоциированных АРСаз, таких, как изолейцил-, метионил-, и аргинил-тРНК-синтетазы, но и обеспечивают различные маршруты передачи регуляторных сигналов. Следовательно, эти белковые факторы, возможно, связывают сообщество АРСаз, процессы биосинтеза белка с другими биологическими процессами клетки. В частности, p43 секретируется как активный цитокин, стимулируя при этом синтез различных цитокинов и хемокинов воспалительного процесса, таких, как фактор некроза опухоли (TNF)-α, IL-8, белок хемотаксиса моноцитов (MCP)-1, белок инфекционного процесса моноцитов (MIP)-1 и IL-1betta из моноцитов, а также молекул межклеточной адгезии (ICAM)-1 [18].

Белковый фактор p43 играет важную роль в процессах ангиогенеза. Он вызывает миграцию клеток эндотелия при низких концентрациях. Однако, в высоких концентрациях он подавляет ангиогенез, блокируя пролиферацию и запуская апоптоз клеток эндотелия. p43 содержит чувствительный к внутриклеточным протеазам каспазам. Этот участок расщепляется в ходе каскада реакций внутри клетки, в конечном итоге приводящем к регулируемой смерти клеток эндотелия, то есть к апоптозу. При этом высвобождающийся от p43 цитокиновый компонент способствует диссоциации мультиферментного комплекса АРСаз и блокированию белкового синтеза [18].

Белковый фактор p38 также имеет неожиданную дополнительную функцию. Он может связываться с белком FBP, являющимся активатором транскрипции гена c-myc. Связывание FBP с p38 приводит к модификации FBP с последующей его деградацией. Это вызывает закономерное снижение активности гена c-myc, необходимого для правильного развития клеток альвеол легких. Инактивация гена фактора p38 приводила, наоборот, к резкой активации c-myc, вызывая в крайних случаях сильную пролиферацию клеток легкого. Возникающая при этом патология приводит к патологиям развития легкого и к смерти плода на ранней стадии развития [10].

До сих пор точно не установлено, является ли наименьшая молекула белкового фактора, ассоциированного в надмолекулярном комплексе — p18, многофункциональным белком. p18 имеет существенную гомологию с субъединицей фактора элонгации [20]. Его возможная роль заключается в координации процессов аминоацилирования и трансляции. Если принять во внимание разнообразие функций двух других факторов, в ближайшем будущем вполне возможно обнаружение новых неожиданных функций этого фактора.

Большой интерес вызывает у научного сообщества и проблема эволюции мультиферментных комплексов АРСаз. В общем, у бактерий и дрожжей

наблюдается менее сложная организация комплексов. У дрожжей метионил-тРНК-синтетаза (МетРСаза) и глутамил-тРНК-синтетаза (ГлуРСаза) образуют комплекс с аналогом белкового фактора p43, белком Arc1p, через свои N-концевые последовательности. Этот фактор специфически связывается с двумя транспортными РНК — тРНКМет и тРНКГлу и обеспечивает «доставку» их к соответствующим ферментам комплекса, причём указанный белковый фактор имеет слабое сродство практически ко всем тРНК. Еще одной функцией Arc1p является участие в транспорте тРНК в ядре клетки и в «экспорте» этих молекул из ядра в цитоплазму [4].

В эволюции белковых факторов, входящих в состав комплексов АРСаз, прослеживается определенная закономерность. Например, фактор Arc1p из дрожжей гомологичен белковым факторам p38, p43 и p18 млекопитающих. Причем в некоторых бактериальных АРСазах обнаружены участки, гомологичные белковым факторам мультиферментных комплексов млекопитающих [6]. Многие АРСазы высших организмов содержат домены, обеспечивающие связывание субстратных тРНК с активными центрами этих ферментов. Возможно, что транс-действующие тРНК-связывающие белковые факторы произошли от некоторых АРСаз и в процессе эволюции приобрели дополнительные функции. Однако, нельзя исключать и альтернативный сценарий, когда транс-действующие белковые факторы были включены в структуры АРСаз для усиления каталитической эффективности фермента. Важным вопросом является механизм обеспечения устойчивости комплекса АРСаз. Установлено, что белковые факторы критичны для устойчивости комплексов, причем факторы p43 и p18 вовлечены в стабилизацию субкомплексов АРСаз, но менее критичны для его целостности, нежели p38. Удаление p38 приводит к распаду комплекса на составляющие, которые затем полностью деградируют [16].

Итак, известными к настоящему времени функциями комплексов АРСаз являются: а) транспортная — перенос ацилированных и деацилированных тРНК между компонентами белок синтезирующего аппарата; б) определённая внутриклеточная локализация АРСаз с целью выполнения различных внутриклеточных активностей. Например, комплексы АРСаз обнаружены в ядре, где они выполняют функции дополнительного контроля целостности вновь синтезированных тРНК [16]. Комплексы АРСаз, видимо, участвуют и в процессе обеспечения круговорота сложных мультиферментных структур в клетке.

Приведённые данные о наличии столь разнообразных функций у комплекса АРСаз имеют глубокий биологический смысл. Одним из основных парадоксов, выявленных в ходе изучения геномов высших организмов, является факт наличия большого избытка ДНК в ядрах клеток, в сравнении с объёмом необходимым для кодирования ее физических структур. В данной статье мы постарались раскрыть на примере АРСаз один из путей решения указанного противоречия у высших организмов. Проблема множественности белков, при существенно меньшем количестве кодирующих белки генов, у млекопитающих решается путем образования субклеточных «компартментов», в которых один и тот же белок может быть помещён в различное физическое окружение

или скомбинирован в комплексе с различными белковыми факторами. Возможно, высшие организмы эволюционировали в направлении максимальной безопасности и надёжности генетической информации, накапливая избыточную ДНК с последующим наделением уже проверенных белковых структур множеством дополнительных функций. С этой точки зрения, комплексы АРСаз млекопитающих и ассоциированных с ними белковых факторов являются ярчайшим примером подобной мультифункциональности.

Литература

1. *Нурбеков М.К., Болотина И.А., Лугаускас В.Ю., Фаворова О.О.* Структура триптофанил-тРНК-синтетазы и продуктов ее ограниченного протеолиза по данным кругового дихроизма. ДАН СССР. — 1980. — Т. 255. № 2. — С. 482–486.
2. *Brevet, A., Geffrotin, C. and Kellermann, O.* (1982). Macromolecular complex of aminoacyl-tRNA synthetases from sheep liver. Identification of the methionyl-tRNA synthetase component by affinity labeling. *Eur. J. Biochem.* 124, 483–488.
3. *Brunel, C., et. al.* (1993). Translational regulation of the *Escherichia coli* threonyl-tRNA synthetase gene: structural and functional importance of the thrS operator domains. *Biochimie* 75, 1167–1179.
4. *Deinert, K., Fasiolo, F., Hurt, E. C. and Simos, G.* (2001). Arc1p organizes the yeast aminoacyl-tRNA synthetase complex and stabilizes its interaction with the cognate tRNAs. *J. Biol. Chem.* 276, 6000–6008.
5. *Engelhardt, W.A. acad., Kisselev, L.L., Favorova, O.O., Nurbekov, M.K., Dmitriyenko, S.G.* (1981). Bovine tryptophanyl-tRNA synthetase. A zinc metalloenzyme. Eur.J.Biochem., 120., № 3, 511–517.
6. *Goldgur, Y., et. al.* (1997). The crystal structure of phenylalanyl-tRNA synthetase from *Thermus thermophilus* complexed with cognate tRNAPhe. *Structure* 5, 59–68.
7. *Hillier, L.W., et. al.* (2005). Genomics in C. elegans: So many genes, such a little worm. Genome Res. 15:1651–1660.
8. *Ibba, M. and Soll, D.* (2001). The renaissance of aminoacyl-tRNA synthesis. EMBO Rep. 2, 382–387.
9. *Kim, J. Y., et. al.* (2002). p38 is essential for the assembly and stability of macromolecular tRNA synthetase complex: implications for its physiological significance. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99, 7912–7916.
10. *Kim, M. J., et. al.* (2003). Downregulation of fuse-binding protein and c-myc by tRNA synthetase cofactor, p38, is required for lung differentiation. *Nat. Genet.* 34, 330–336.
11. *Kisselev L.L., Wolfson A.D.* (1994) Aminoacyl-tRNA synthetases from higher eukariotes.Prog. Nucleic acid res. Mol. Biol., 48, 83–142.
12. *Ko, Y. G., et. al.* (2000). Nucleolar localization of human methionyl-tRNA synthetase and its role in ribosomal RNA synthesis. *J. Cell Biol.* 149, 567–574.
13. *Ko, Y. G., et.al.* (2001). Glutamine-dependent antiapoptotic interaction of human glutaminyl-tRNA synthetase with apoptosis signal-regulating kinase 1. *J. Biol. Chem.* 276, 6030–6036.
14. *Ko, Y. G., Park, H. and Kim, S.* (2002). Novel regulatory interactions and activities of mammalian tRNA synthetases. *Proteomics* 2, 1304–1310.
15. *Ko, Y. G., Park, H. and Kim, S.* (2002). Novel regulatory interactions and activities of mammalian tRNA synthetases. Proteomics 2, 1304–1310.

16. *Lund, E. and Dahlberg, J. E.* (1998). Proofreading and aminoacylation of tRNAs before export from the nucleus. *Science* 282, 2082–2085.
17. *Norcum, M. T.* (1989). Isolation and electron microscopic characterization of the high molecular mass aminoacyl-tRNA synthetase complex from murine erythroleukemia cells. *J. Biol. Chem.* 264, 15043–15051.
18. *Park, S. G., et. al.* (2002). Dose-dependent biphasic activity of tRNA synthetase-associating factor, p43, in angiogenesis. *J. Biol. Chem.* 277, 45243–45248.
19. *Putney, S. D. and Schimmel, P*. (1981). An aminoacyl tRNA synthetase binds to a specific DNA sequence and regulates its gene transcription. *Nature* 291, 632–635.
20. *Quevillon, S. and Mirande, M.* (1996). The p18 component of the multisynthetase complex shares a protein motif with the beta and gamma subunits of eukaryotic elongation factor 1. *FEBS Lett.* 395, 63–67.
21. *Quevillon, S., et. al.* (1997). The p43 component of the mammalina multi-synthetase complex is likely to be the precursor of the endothelial monocyte-activating polypeptide II cytokine. *J. Biol. Chem.* 272, 32573–32579.
22. *Quevillon, S., et. al*. (1999). Macromolecular assemblage of aminoacyl-tRNA synthetases: identification of protein-protein interactions and characterization of a core protein. *J. Mol. Biol.* 285, 183–195.

В.А. Бубнов

О деформационных движениях частицы жидкости

В работе изучены некоторые типы деформационных движений, на базе которых вычислены поверхностные силы, действующие на частицу жидкости.

В какой-либо точке О движущейся жидкости массы можно выбрать начало прямоугольных осей координат x, y, z и через u, v, w обозначать скорости вдоль указанных осей точек жидкости, находящихся в окрестности начала координат. Условие непрерывности компонентов скорости позволяет, несмотря на всё разнообразие движений жидкости, установить некоторые общие законы бесконечно малой ее части, прилагающей к точке О.

Такую бесконечно малую часть жидкости Н.Е. Жуковский (1847–1921) назвал частицей жидкости, а точку жидкости О, лежащую внутри частицы, — ее центром.

В дальнейшем деформацию будем рассматривать как движение частицы относительно подвижных осей координат $x, y, z,$ которые имеют то же поступательное и вращательное движение, как и частица жидкости.

Тогда общеизвестно, что скорости деформационного движения выразятся так:

$$\frac{dx}{dt}=\frac{\partial F}{\partial x},\quad \frac{dy}{dt}=\frac{\partial F}{\partial y},\quad \frac{dz}{dt}=\frac{\partial F}{\partial z} \tag{1}$$

Здесь через F обозначена специальная функция

$$F=\frac{1}{2}\left(\varepsilon_1 x^2+\varepsilon_2 y^2+\varepsilon_3 z^2+2\theta_1 yz+2\theta_2 zx+2\theta_3 xy\right), \tag{2}$$

для которой справедливо соотношение

$$x\frac{\partial F}{\partial x}+y\frac{\partial F}{\partial y}+z\frac{\partial F}{\partial z}=2F, \tag{3}$$

установленное Эйлером.

Кроме того, коэффициенты в правой части (2) определяются через скорости u, v, w жидкой частицы следующим образом

$$\frac{\partial u}{\partial x}=\varepsilon_1,\ \frac{\partial v}{\partial y}=\varepsilon_2,\ \frac{\partial w}{\partial z}=\varepsilon_3,$$

$$\frac{\partial w}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial z}=2\theta_1,\ \frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}=2\theta_2,\ \frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}=2\theta_3,$$

$$\frac{\partial w}{\partial y}-\frac{\partial v}{\partial z}=2\omega_x,\ \frac{\partial u}{\partial z}-\frac{\partial w}{\partial x}=2\omega_y,\ \frac{\partial v}{\partial x}-\frac{\partial u}{\partial y}=2\omega_z,$$

Из теории поверхностей второго порядка известно, что если за оси координат приняты диаметры, попарно сопряженные, то уравнение поверхности будет содержать только члены с квадратами координат. Такие направления называются главными, а в теории деформационного движения их называют осями деформации.

Известно также, что для перехода от осей x, y, z к осям деформации ξ, η, ζ необходимо равенство нулю следующего определителя третьего порядка, составленного из коэффициентов многочлена (2),

$$\begin{vmatrix} \varepsilon_1-\lambda & \theta_3 & \theta_2 \\ \theta_3 & \varepsilon_2-\lambda & \theta_1 \\ \theta_2 & \theta_1 & \varepsilon_3-\lambda \end{vmatrix}=0 \tag{4}$$

После вычисления определителя в (4) получается кубическое уравнение относительно λ

$$\begin{gathered}\lambda^3-(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)\lambda^2+(\varepsilon_1\varepsilon_2+\varepsilon_2\varepsilon_3+\varepsilon_1\varepsilon_3-\theta_1^2-\theta_2^2-\theta_3^2)\lambda- \\ -(\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3+2\theta_1\theta_2\theta_3-\varepsilon_1\theta_1^2-\varepsilon_2\theta_2^2-\varepsilon_3\theta_3^2)=0\end{gathered} \tag{5}$$

В аналитической геометрии доказывается, что все три корня λ_1, λ_2, λ_3 в уравнении (5) действительны, а уравнение поверхности (2), относительное к главным осям ξ, η, ζ , представляется в виде:

$$F=\frac{1}{2}(\lambda_1\xi^2+\lambda_2\eta^2+\lambda_3\zeta^2) \tag{6}$$

По аналогии с формулами (1) скорости деформационного движения вдоль осей деформации будем определять так:

$$\frac{d\xi}{dt}=\frac{\partial F}{\partial\xi},\quad \frac{d\eta}{dt}=\frac{\partial F}{\partial\eta},\quad \frac{d\zeta}{dt}=\frac{\partial F}{\partial\zeta} \tag{7}$$

Если для вычисления скоростей деформационного движения по формулам (7) использовать F в форме (6), то будем иметь

$$\frac{d\xi}{dt}=\lambda_1\xi,\quad \frac{d\eta}{dt}=\lambda_2\eta,\quad \frac{d\zeta}{dt}=\lambda_3\zeta \tag{8}$$

Формулы (8) показывают, что частица жидкости, имеющая форму бесконечно малого прямоугольного параллелепипеда, стороны которого параллельны осям деформации остается прямоугольным параллелепипедом и по прошествии времени dt. Из этих же формул следует, что задача по нахождению скоростей деформационного движения сводится к проблеме нахождения корней λ_1, λ_2 , λ_3 кубического уравнения (5).

Для разрешения указанной проблемы в уравнении (5) введем дополнительные обозначения

$$\varepsilon=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3; \tag{9}$$

$$A=\varepsilon_1\varepsilon_2+\varepsilon_1\varepsilon_3+\varepsilon_2\varepsilon_3-(\theta_1^2+\theta_2^2+\theta_3^2), \tag{10}$$

$$B=\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3+2\theta_1\theta_2\theta_3-(\varepsilon_1\theta_1^2+\varepsilon_2\theta_2^2+\varepsilon_3\theta_3^2); \tag{11}$$

после чего оно примет вид

$$\lambda^3-\varepsilon\lambda^2+A\lambda-B=0 \tag{12}$$

Так как все три корня в уравнении (12) действительны, то его левую часть можно представить так:

$$f(\lambda) = (\lambda - \lambda_1)(\lambda - \lambda_2)(\lambda - \lambda_3) \tag{13}$$

Представим правую часть в (13) в форме многочлена по степеням λ и сравним указанный многочлен с левой частью в (12). В результате чего, после приравнивания коэффициентов при одинаковых степенях λ в (12) и (13), будем иметь соотношения между корнями λ_1, λ_2 , λ_3 и характеристиками деформационного движения в такой форме

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = \varepsilon,\ \lambda_1\lambda_2 + \lambda_1\lambda_3 + \lambda_2\lambda_3 = A,\ \lambda_1\lambda_2\lambda_3 = B$$

Для вычисления коэффициента кубического расширения частицы жидкости предположим, что она имеет форму бесконечно малого шарика, уравнение которого есть

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 = a\ , \tag{14}$$

и определим ее вид по прошествии времени *dt*.На основании уравнений (8) точка жидкой частицы, имеющая координаты ξ, η, ζ, будет по прошествии времени *dt* иметь координаты:

$$x_1 = \xi + d\xi = \xi(1 + \lambda_1 dt),$$
$$y_1 = \eta + d\eta = \eta(1 + \lambda_2 dt),$$
$$z_1 = \zeta + d\zeta = \zeta(1 + \lambda_3 dt).$$

Определив отсюда ξ, η, τ и подставив их в уравнение сферы (14), получим уравнение эллипсоида:

$$\frac{x_1^2}{a^2(1+\lambda_1 dt)^2} + \frac{y_1^2}{a^2(1+\lambda_2 dt)^2} + \frac{z_1^2}{a^2(1+\lambda_3 dt)^2} = 1 \tag{15}$$

Объём сферы (14) будет

$$V_0 = \frac{4}{3}\pi a^3,$$

а объём эллипсоида (15):

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi a^3 (1+\lambda_1 dt)(1+\lambda_2 dt)(1+\lambda_3 dt)$$

Под коэффициентом кубического расширения принято считать следующую величину

$$\theta = \frac{\Delta V}{V \Delta t} = \frac{V_0 - V_1}{V_0 \Delta t}, \tag{16}$$

которая из приведённых формул для V_0 и V выражается через характеристики деформационного движения так:

$$\theta = -(\varepsilon + A dt + B dt^2) \tag{17}$$

Частица жидкости характеризуется массой m и плотностью ρ, через которые объёмы V_0 и V определяются так:

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho_0}\ ,\ V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} \tag{18}$$

Формулы (18) позволяют рассмотреть три случая изменения коэффициента кубического расширения θ.

Действительно, пусть при деформационном движении масса частицы жидкости не изменяется, т.е. $m_1 = m_0 = m$. Тогда из (16) с учетом (18) получаем:

$$\theta = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_1 \Delta t} = \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt} \tag{19}$$

Второй случай движения частицы жидкости, это когда во время движения сохраняется ее плотность, т.е. $\rho_1 = \rho_0 = \rho$. Тогда из (16) и (18) получаем

$$\theta = \frac{m_0 - m_1}{m_0 \Delta t} = \frac{1}{m}\frac{dm}{dt} \tag{20}$$

И наконец, при движении частицы жидкости может оказаться, что $\rho_1 m_0 = \rho_0 m_1$. Тогда из (16) и (18) следует:

$$\theta = 0. \tag{21}$$

Формулы (19)–(21) позволяют из (17) получить следующие три соотношения, характеризующие процесс объёмного расширения частицы жидкости,

$$\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt} + \left(\varepsilon + Adt + Bdt^2\right) = 0; \tag{22}$$

$$\frac{1}{m}\frac{dm}{dt} + \left(\varepsilon + Adt + Bdt^2\right) = 0; \tag{23}$$

$$\left(\varepsilon + Adt + Bdt^2\right) = 0. \tag{24}$$

Если в выражениях, заключенных в круглые скобки, формул (22)–(24) положить $dt = 0$, то будем иметь

$$\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt} + \varepsilon = 0; \tag{25}$$

$$\frac{1}{m}\frac{dm}{dt} + \varepsilon = 0; \tag{26}$$

$$\varepsilon = 0. \tag{27}$$

Соотношение (27) известно в гидродинамике как уравнение неразрывности при движении несжимаемой жидкости.

Н.Е. Жуковский в своей магистерской диссертации [1: с. 7–145] разыскивал корни уравнения (5) при условии, что

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0 \tag{28}$$

В этом случае соотношения между корнями $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и характеристиками деформационного движения $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ принимают вид:

$$\left.\begin{aligned} &\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \\ &\lambda_1\lambda_2 + \lambda_1\lambda_3 + \lambda_2\lambda_3 = \varepsilon_1\varepsilon_2 + \varepsilon_1\varepsilon_3 + \varepsilon_2\varepsilon_3, \\ &\lambda_1\lambda_2\lambda_3 = \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3. \end{aligned}\right\} \tag{29}$$

Из соотношений (29) очевидны значения корней уравнения (5):

$$\lambda_1 = \varepsilon_1,\ \lambda_2 = \varepsilon_2,\ \lambda_3 = \varepsilon_3. \tag{30}$$

Условия (28) позволяют поверхность расширения (2) переписать так:

$$F=\frac{1}{2}\left(\varepsilon_1 x^2+\varepsilon_2 y^2+\varepsilon_3 z^2\right), \tag{30}$$

Которая в рамках ограничений (28) совпадает с уравнением той же поверхности, отнесенным к главным осям ξ, η, ζ. Последнее означает, что любая прямоугольная система координат *x*, *y*, *z* совпадает с осями деформации, если выполняются ограничения (28).

Ограничения (28) позволяют установить три дифференциальных уравнения в частных производных для определения скоростей *u, v, w*:

$$\frac{\partial w}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial z}=0;\quad \frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}=0;\quad \frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}=0. \tag{31}$$

Известно, что величины θ_1, θ_2, θ_3 определяют три скольжения без вращения, направления которых суть координатные линии *oy, oz, ox,* а оси скольжения — координатные линии *ox, oy, oz*. Поэтому условия (31) означают, что в данном случае частица жидкости только удлиняется по направлению координат на величины $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$.

Решения уравнений (31) определит поле скоростей деформационного движения, по которому можно определить поверхностные силы, действующие на частицу жидкости.

В то же самое время условия (28) означают, что на частицу действуют только нормальные напряжения p_x, p_y, p_z.

Согласно воззрениям Стокса гидростатическое давление *p* выделяется из нормальных напряжений следующим образом

$$p_x = -p + \sigma_x, p_y = -p + \sigma_y, p_z = -p + \sigma_z. \tag{32}$$

Для класса движений, определяемого уравнениями (31), уравнение движения частицы жидкости можно представить так:

$$\left.\begin{aligned}
\rho\frac{du}{dt}&=-\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial \sigma_x}{\sigma x},\\
\rho\frac{dv}{dt}&=-\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial \sigma_y}{\partial y},\\
\rho\frac{dw}{dt}&=-\frac{\partial p}{\partial z}+\frac{\partial \sigma_z}{\partial z},
\end{aligned}\right\} \tag{33}$$

В системе уравнений (33) от скоростей *u*, *v*, *w* перейдём к скорости V_s как скорости частицы жидкости при ее движении вдоль линии тока. Для этого введем уравнение линии тока, элемент которой обозначим через *ds*. При этом справедливы следующие соотношения

$$\frac{dx}{ds}=\frac{u}{V_s}=l,\quad \frac{dy}{ds}=\frac{v}{V_s}=n,\quad \frac{dz}{ds}=\frac{w}{V_s}=q.$$

Указанный переход позволяет уравнения (33) переписать следующим образом

$$\frac{\partial V_s}{\partial t}+\frac{1}{2}\frac{d}{ds}\left(V_s^2\right)=-\frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds}+\frac{1}{\rho}\left(l\frac{\partial \sigma_x}{\partial x}+n\frac{\partial \sigma_y}{\partial y}+q\frac{\partial \sigma_z}{\partial z}\right) \tag{34}$$

В частности, когда $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = 0$ или $\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} = \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = 0$, уравнение (34) упрощается так:

$$\frac{\partial V_s}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{d}{ds}\left(V_s^2\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds} \tag{35}$$

Если V_s не зависит от времени t, то уравнение (35) допускает общеизвестный интеграл Бернулли

$$p + \frac{\rho V_s^2}{2} = \text{const} \tag{36}$$

Если в уравнении (34) освободиться от направляющих косинусов l, n, q, то ему можно придать иной вид

$$\frac{\partial V_s}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{d}{ds}\left(V_s^2\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial s}\left(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z\right) \tag{37}$$

Для стационарных движений уравнение (37) допускает следующий вид:

$$\frac{1}{2}\frac{d}{ds}\left(V_s^2\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial s}\left(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z\right) \tag{38}$$

Здесь наряду с производной по направлению s имеет место и частная производная по независимой переменной s.

Выражение в круглой скобке в левой части (38) требует дополнительных пояснений. Действительно, введем давление p_m в движущейся жидкости как среднее арифметическое нормальных напряжений p_x, p_y, p_z, т.е.

$$p_m = \frac{1}{3}\left(p_x + p_y + p_z\right) = -p + \frac{1}{3}\left(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z\right) \tag{39}$$

Чтобы добиться того, что $p_m = -p$, т.е. давление в движущееся жидкости равно гидростатическому и одинаково по всем направлениям. Стокс при определении величин σ_x, σ_y, σ_z исключил так называемую объёмную вязкость. В таком случае $(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = 0$ и уравнение (38) превращается в интеграл Бернулли (36).

Однако формула (39) показывает, что давление p_m в движущейся жидкости может и не совпадать с гидростатическим.

Действительно, предположим, что в движущейся жидкости

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \sigma, \tag{40}$$

т.е. нормальные напряжения σ_x, σ_y, σ_z одинаковы и не зависят от направления.

В таком случае уравнение (34) переписываем так:

$$\frac{\partial V_s}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{d}{ds}\left(V_s^2\right) = -\frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds} + \frac{1}{\rho}\frac{d\sigma}{ds}. \tag{41}$$

Следуя представлениям Стокса о пропорциональной зависимости между напряжениями и скоростями деформационного движения, определим нормальное напряжение σ следующим образом

$$\sigma = \lambda_s \varepsilon = \lambda_s \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right), \tag{42}$$

где величину λ_s назовем коэффициентом объёмной вязкости вдоль линии тока.

Соотношение (42) позволяет уравнению (41) придать окончательный вид

$$\frac{\partial V_s}{\partial t}+\frac{1}{2}\frac{d}{ds}\left(V_s^2\right)=-\frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds}+\frac{\lambda_s}{\rho}\frac{d^2V_s}{ds^2}. \qquad (43)$$

Теперь предположим, что V_s не зависит от времени t, тогда после первого интегрирования получаем

$$p+\frac{\rho V_s^2}{2}-\lambda_s\frac{dV_s}{ds}=\text{const}. \qquad (44)$$

Соотношение (44) совпадает с известным уравнением Бернулли, когда V_s = const вдоль линии тока. Уравнение (44) получено в рамках гипотезы (40), которая в свою очередь позволяет формулу (39) переписать так:

$$p_m=-p+\sigma \qquad (45)$$

Из (45) следует, что давление p_m в движущейся жидкости не равно гидростатическому, но одинаково для всех направлений.

Литература

1. *Жуковский Н.Е.* Кинематика жидкого тела. Полное собрание сочинений. Т. 2. — М.-Л., 1935.

В.И. Ролдугин,
Г.А. Мартынов

Распределение пространственного заряда вблизи поверхности металла

Для электронов, эмитируемых с поверхности металла, путем решения уравнения Пуассона-Больцмана найдены распределения электронной плотности вблизи поверхности плоского и цилиндрического электродов, а также в пространстве между двумя плоскими электродами, характеризующимися различными значениями работ выхода электронов.

При рассмотрении электронной эмиссии с поверхности металла обычно принимают во внимание двойной слой, формирующийся на границе металл – вакуум и определяющий работу выхода электронов [1–3]. Несмотря на достаточно большую величину работы выхода электронов из металла, они все способны выходить из объёма в окружающую среду. В результате у поверхности металла формируется еще один двойной слой, связанный с термоэлектронами, покинувшими металл. Этот выход электронов определяет, в частности, термоэлектронную эмиссию с поверхности металлов, которая становится заметной при повышенных температурах и используется при конструировании электронных устройств, а сам пространственный заряд оказывает решающее влияние на вид вольтамперной характеристики диода [4]. Достаточно интересным и поучительным выглядит равновесное распределение эмитированных электронов вблизи металлической поверхности.

Рассмотрим поверхность металла, граничащую с вакуумом. Пусть металл занимает полупространство $x < 0$, а вакууму отвечает $x > 0$. Будем считать,

что температура металла T настолько высока, что с его поверхности происходит эмиссия электронов. Поскольку в процессе эмиссии металл заряжается положительно, то между ним и вылетевшими электронами возникают силы притяжения. Имеются также силы электростатического изображения, которые притягивают электроны к поверхности. За счет тепловой эмиссии вблизи поверхности формируется облако электронов, которое не «падает» на поверхность вследствие их теплового движения. Это облако экранирует поле поверхности металла, вместе с которым оно образует двойной электрический слой. В равновесии имеется равенство потоков электронов из металла вакуум J^{+}_{e} из электронного облака на поверхность металла J^{-}_{e}. Определим параметры электронного облака, приняв для потока электронов из металла формулу, отвечающую термоэлектронной эмиссии из [3]:

$$J_e^{+} = \frac{4\pi m_e (k_B T)^2}{(2\pi\hbar)^3} \exp\left(-\frac{\phi_e}{k_B T}\right), \tag{1}$$

где m_e — масса электронов, $\hbar$ — постоянная Планка, k_B — постоянная Больцмана, ϕ_e — работа выхода электронов.

Пространственное распределение электронов вблизи поверхности, вследствие малости их концентрации, может быть описано классической формулой Больцмана

$$n_e(x) = n_0 \exp\left[-\frac{eU_{se}}{k_B T}\right], \tag{2}$$

где n_0 — нормировочная постоянная, U_{se} — самосогласованный потенциал, определяемый уравнением Пуассона-Больцмана [5], имеющим в нашем случае вид

$$\frac{d^2\varphi_e}{dx^2} = \kappa_D^2 \exp[\varphi_e(x)], \tag{3}$$

где введены безразмерный потенциал $\varphi_e = -\frac{eU_{se}}{k_B T}$ и обратная величина дебаевского радиуса для электронов

$$\kappa_D = \sqrt{\frac{4\pi n_0 e^2}{k_B T}}, \tag{4}$$

Умножая уравнение (3) на $\varphi'_e(x)$ и интегрируя по x, получаем

$$\frac{1}{2}\left(\frac{d\varphi_e}{dx}\right)^2 = \kappa_D^2 \exp[\varphi_e(x)] + C_1, \tag{5}$$

где C_1 — постоянная интегрирования.

Так как на большом расстоянии от поверхности металла концентрация электронов должна обращаться в нуль $n(\infty) = 0$, а электрическое поле должно быть полностью заэкранированным электронами, то $\frac{d\varphi_e(\infty)}{dx}$ также должна обращаться в нуль, а это возможно, как будет ясно из дальнейшего, только при условии, что постоянная $C_1 = 0$. Интегрирование получающегося таким образом уравнения по x от 0 до x дает

$$\varphi_e(x) = -2\ln(1 + b_e x), \tag{6}$$

где $b_e = \frac{\kappa_D}{\sqrt{2}}$, и мы положили постоянную интегрирования равной нулю, приняв равным нулю потенциал поверхности металла $\varphi_e(0) = 0$.

Подстановка данного распределения потенциала в уравнение (3) приводит к следующей плотности электронов

$$n_e(x) = \frac{n_0}{(1 + b_e x)^2} . \qquad (7)$$

Для нахождения постоянной n_0 воспользуемся условием детального баланса $J_e^+ = J_e^-$. Считая электроны вне металла классическим газом, можем использовать для числа подающих на поверхность металла частиц известное выражение [6],

$$J_e^- = \frac{1}{4} n_0 \sqrt{\frac{8 k_B T}{\pi m_e}} , \qquad (8)$$

где квадратный корень фактически представляет собой тепловую скорость электронов. В результате из условия детального баланса и выражений (1) и (8) находим

$$n_0 = 2\left(\frac{m_e k_B T}{2\pi\hbar^2}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{\phi_e}{k_B T}\right) , \qquad (9)$$

при этом квадрат дебаевского радиуса (фактически то расстояние, на которое простирается электронное облако) оказывается равным

$$\kappa_{De}^{-2} = \frac{\pi^{1/2}\hbar^3 k_B^{1/2}}{2\sqrt{2} m_e^{3/2} e^2 T^{1/2}} \exp\left(\frac{\phi_e}{k_B T}\right) . \qquad (10)$$

Отметим ряд важных обстоятельств, демонстрируемых формулами (6) и (7). Видно, что плотность электронного облака спадает по степенному закону, а потенциал неограниченно растёт. Это, на первый взгляд, довольно странный результат. При глубоком анализе легко понять, что ничего странного в этом нет. Действительно, при любом конечном значении потенциала вдали от поверхности металла нашлись бы тепловые электроны, способные преодолеть и этот потенциал. Тогда их уход должен породить заряд на поверхности и, соответственно, электрическое поле и дальнейший рост потенциала. То есть, действительно, потенциал должен расти неограниченно. При этом встает вопрос, почему же мы не наблюдаем такого роста в реальных системах? Для этого проведём некоторые оценки. Из формулы (10) видно, что дебаевский радиус зависит от температуры степенным образом. Так, при $T = 10^3$ K и $\phi_e = 2$ эВ величина $\kappa_D^{-1} \approx 10^{-4}$ см, а при $\phi_e = 4{,}5$ эВ, что эквивалентно понижению температуры до 400 K, κ_D^{-1} уже возрастает до 100 см. При тех же значениях T или ϕ_e концентрации n_0 равны 10^{13} и 10 см$^{-3}$, а потенциал U на расстоянии 1 см от поверхности металла — –1 и –0,001 В, соответственно. Таким образом, потенциал, хотя он формально стремится к $-\infty$ при $x \to \infty$, остается небольшим в непосредственной близости от поверхности проводника. Кроме того, необходимо иметь в виду, что чем дальше от поверхности проводника находится электронное облако, тем меньше концентрация электронов и тем больше требуется времени на установление

термодинамического равновесия в данном сечении. Так, при некотором $n(x^*) \approx 1$ см$^{-3}$ равновесие в области $x > x^*$ наступает через многие тысячи лет. Поэтому в реальных условиях на больших расстояниях равновесие не успевает установиться за конечное время, и формулы, пригодные для равновесия, становятся неприменимыми.

Рассмотрим теперь цилиндрический электрод радиуса R, с поверхности которого происходит эмиссия электронов. В этом случае уравнение Пуассона-Больцмана, описывающее распределение потенциала вокруг электрода, имеет вид

$$\frac{d^2\varphi_e}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d\varphi_e}{dr} = \kappa_D^2 \exp(\varphi_e), \tag{11}$$

где r — расстояние от центра электрода, и мы предположили симметричное распределение потенциала и заряда относительно оси цилиндра.

Введем новые переменные. Положим $t = r^2 \exp(\varphi_e)$ и $u(t) = r\frac{d\varphi_e}{dr}$, тогда уравнение (11) переходит в следующее

$$\frac{du(t)}{dt}(2 + u(t)) = \kappa_D^2 . \tag{12}$$

После простого интегрирования по t и возвращения к переменным r и φ_e получаем

$$2r\frac{d\varphi_e}{dr} + \frac{1}{2}\left[r\frac{d\varphi_e}{dr}\right]^2 = \kappa_D^2 r^2 \exp(\varphi_e) + C . \tag{13}$$

Подставляя вместо выражения $\kappa_D^2 r^2 \exp(\varphi_e)$ его значение из (11), преобразуем уравнение (13) к виду

$$r\frac{d^2\varphi_e}{dr^2} - r\frac{d\varphi_e}{dr} - \frac{1}{2}\left[r\frac{d\varphi_e}{dr}\right]^2 = C. \tag{14}$$

Поскольку цилиндрический электрод имеет конечный радиальный размер, концентрация электронов на бесконечности равна нулю, то есть $\exp[\varphi_e(\infty)] = 0$, следовательно, $\frac{d^2\varphi_e}{dr^2}$ и $\frac{d\varphi_e}{dr}$ также равны нулю. Эти условия совместимы с уравнением (11) только при $C = 0$. В этом случае уравнение (11) заменой переменных $\frac{d\varphi_e}{dr} = -\frac{2}{v}\frac{dv}{dr}$ сводится к уравнению

$$r^2\frac{d^2v}{dr^2} - r\frac{dv}{dr} = 0 , \tag{15}$$

из решения которого после возвращения переменной $\varphi_e(r)$ получаем

$$\frac{d\varphi_e(r)}{dr} = -\frac{4C_1 r}{C_1 r^2 + 2C_2} = -\frac{4r}{r^2 + C_0} , \tag{16}$$

где $C_0 = 2C_2 / C_1$.

Принимая на поверхности электрода значение потенциала, равное нулю $\varphi_e(R)=0$, после интегрирования уравнения (16) приходим к следующему распределению потенциала

$$\varphi_e(r)=\ln\left(\frac{C_0+R^2}{C_0+r^2}\right). \tag{17}$$

Константу C_0 находим из квадратного уравнения, получающегося после подстановки выражения (17) в (11):

$$C_0=\frac{1}{\kappa_D^2}\{-\kappa_D^2R^2+4[\sqrt{1+\frac{1}{2}\kappa_D^2R^2}-1]\}. \tag{18}$$

Таким образом, окончательно получаем

$$\varphi_e(r)=-2\ln[1+B(\frac{r^2}{R^2}-1)], \tag{19}$$

где константа $B=\kappa_D^2R^2/[4(\sqrt{1+\frac{1}{2}\kappa_D^2R^2}-1)]$. При $\kappa_DR<<1$ это выражение сводится к $B = 1$, а при $\kappa_DR>>1$ — к $B=\sqrt{2}\kappa_DR/4$.

Подставляя распределение потенциала (19) в (2), находим распределение концентрации электронов $n_e(r)=n_0/[1+B(\frac{r^2}{R^2}-1)]^2$, где n_0 по-прежнему определяется формулой (9).

Сопоставление полученных формул с выражениями, найденными для плоского электрода, показывает, что в данном случае концентрация электронов убывает приблизительно по закону r^{-4}, то есть существенно быстрее, чем для плоского электрода, тогда как потенциал по-прежнему логарифмически возрастает по абсолютной величине.

Рассмотрим теперь два электрода произвольной формы, помещенные в вакуум. Если между ними и окружающим их электронным облаком установилось равновесие, то для каждого электрода можно написать равенство $J_{ie}^+=J_{ie}^-$ при i = 1,2. Подставляя в эти равенства конкретные значения из (1) и (8) и учитывая соотношение между потенциалом и плотностью электронов

$$n_{i0}=n_0\exp(\varphi_{i0}),$$

где φ_{i0} — значение безразмерного потенциала у поверхности соответствующего электрода, получаем

$$\Delta\varphi_0=\varphi_{10}-\varphi_{20}=-\frac{\phi_{1e}-\phi_{2e}}{k_BT}=-\frac{\Delta\phi_e}{k_BT}.$$

Таким образом, разность электростатических потенциалов поверхностей электродов всегда равна разности работ выхода. Однако это справедливо лишь в состоянии термодинамического равновесия; если равновесие не достигнуто, разность $\Delta\phi_e$ может быть любой. Это замечание, несмотря на свою тривиальность, является очень важным, поскольку благодаря громадному омическому сопротивлению вакуумного зазора время установления термодинамического

равновесия τ_e может быть огромным. Чтобы оценить его, рассмотрим два плоскопараллельных электрода, разделённых зазором L. Для определённости предположим, что работа выхода из первого электрода $\phi_{e1} < \phi_{e2}$ и, следовательно, основной поток электронов будет исходить из первого электрода. Обозначим, как и выше, его через J^+_{e1}. Тогда количество электронов, испущенных первым электродом и достигших поверхности второго, будет равно

$$J^+_{e1} \exp(\frac{\Delta\phi_e(t)}{k_B T}),$$

где $\Delta\phi_e = 4\pi e L \sigma(t)$ — разность потенциалов между двумя электродами в момент времени t, $\sigma(t)$ — поверхностная плотность заряда на втором электроде. Очевидно, что скорость изменения заряда второго электрода

$$\frac{d\sigma}{dt} = e[J^+_{e1} \exp(\frac{\Delta\phi_e}{k_B T}) - J^+_{e2}]$$

(временем пролёта электронов от одного электрода к другому пренебрегаем). Поскольку $\sigma = K\frac{\Delta\phi_e}{e}$, где $K = \frac{1}{4\pi L}$ — ёмкость конденсатора, образуемого электродами, то

$$\frac{1}{4\pi e^2 L}\frac{d\Delta\phi_e}{dt} = J^+_{e1} \exp(\frac{\Delta\phi_e}{k_B T}) - J^+_{e2}. \qquad (20)$$

Решение этого уравнения при нулевых начальных условиях имеет вид

$$t = \frac{k_B T}{4\pi e^2 L J^+_{e2}} = \ln\left[(1 - J^+_{e2}/J^+_{e1})/[1 - (J^+_{e2}/J^+_{e1})\exp(-\frac{\Delta\phi_e}{k_B T})]\right]. \qquad (21)$$

При $t \to \infty$ стремление к бесконечности правой части равенства (21) может быть обеспечено только стремлением к нулю знаменателя $1 - (J^+_{e2}/J^+_{e1})\exp(-\frac{\Delta\phi_e}{k_B T})$.

Отсюда следует, что разность потенциалов стремится к величине $\Delta\phi_e = -k_B T \ln\left(J^+_{e2}/J^+_{e1}\right)$, то есть к величине, устанавливающейся при равновесии системы. Определим время τ, за которое разность потенциалов достигнет половины предельного значения. Очевидно, что при этом

$$\exp(-\frac{\Delta\phi_e(\tau)}{k_B T}) = \sqrt{J^+_{e1}/J^+_{e2}}.$$

Учитывая неравенства $J^+_{e2} << J^+_{e1}$ и $\phi_{1e} > \phi_{2e}$ и разлагая логарифм в ряд по степеням $\sqrt{J^+_{e2}/J^+_{e1}}$, получим

$$\tau = \frac{k_B T}{4\pi e^2 L\sqrt{J^+_{e1} J^+_{e2}}}\frac{\pi\hbar^3}{2e^2 m_e k_B T L}\exp(\frac{\phi_{1e} + \phi_{2e}}{2k_B T}). \qquad (22)$$

Подставляя в (22) конкретные значения констант и полагая $L=0{,}1$ см, получим $\tau=10^{-20}\exp(\frac{\phi_{1e}+\phi_{2e}}{2k_BT})$ с. Отсюда следует, что при $T=1000$ K и $\frac{\phi_{1e}+\phi_{2e}}{2}=2-5$ э. В характерное время τ составляет 10^{-12} – 10^{1} с; понижение температуры до 300 К увеличивает время τ до 10^{4} – 10^{40} с. Таким образом, при комнатной температуре равновесие не успевает установиться за обозримые времена и, следовательно, в этом случае развитая выше теория неприменима.

Интересно отметить, что, согласно формуле (22), время τ тем больше, чем меньше расстояние между электродами *L*. Это объясняется тем, что с уменьшением *L* возрастает ёмкость $K=\frac{1}{4\pi L}$ и, следовательно, возрастает поверхностный заряд $\sigma=K\frac{\Delta\phi_e}{e}$, который необходимо сообщить электродам для того, чтобы довести их до потенциала, всегда равного в состоянии равновесия разности работ выхода. Соответственно, с уменьшением *L* возрастает и время зарядки конденсатора, равное в первом приближении $\tau=\sigma/J_{e1}^{+}$. С другой стороны, поскольку основным поставщиком электронов является первый электрод, казалось бы, что влияние второго электрода на величину τ должно быть много меньше, чем первого. На самом деле это не так, поскольку с увеличением работы выхода со второго электрода не только уменьшается ток J_{e2}^{+}, но и увеличивается равновесная разность потенциалов. А так как увеличение разности потенциалов сопровождается увеличением заряда второго электрода $\sigma=K\frac{\Delta\phi_e}{e}$, то одновременно возрастает и время зарядки. В конечном итоге это приводит к тому, что оба электрода влияют на величину τ практически одинаково (см. формулу (22)).

Рассмотрим теперь два плоскопараллельных бесконечных электрода, разделённых вакуумным зазором *L*. Начало координат поместим на том из них, на котором работа выхода электронов меньше, а плотность электронов у поверхности — больше. Для простоты будем считать, что потенциал первого электрода $\varphi_{10}=0$. Тогда потенциал второго электрода, очевидно, $\varphi_{20}=\varphi_0<0$.

Распределение потенциала между электродами, очевидно, будет описываться уравнением (5), которое мы представим в виде

$$\frac{d\varphi_e}{d(\kappa_D x)}=-2\sqrt{\exp(\varphi_e)+C}\,, \tag{23}$$

в котором константу уже нельзя считать равной нулю, так как в противном случае не может быть удовлетворено граничное условие на втором электроде, поскольку решение сразу получается однозначным.

При $C<0$ интегрирование уравнения (23) дает

$$\varphi_e(x)=-2\ln[\cos(\sqrt{-C}b_e x)+\sqrt{1+C}\frac{\sin(\sqrt{-C}b_e x)}{\sqrt{-C}}], \tag{24}$$

а при $C<0$ имеем

$$\varphi_e(x)=-2\ln[\mathrm{ch}(\sqrt{C}b_e x)+\sqrt{1+C}\frac{\mathrm{sh}(\sqrt{C}b_e x)}{\sqrt{C}}], \tag{25}$$

наконец, при $C = 0$ получаем прежнее решение (6), которому соответствует потенциал поверхности второго электрода

$$\tilde{\varphi}_0 = -2\ln(1+b_e L). \tag{26}$$

Очевидно, что если равновесный потенциал $|\varphi_0|$ меньше $|\tilde{\varphi}_0|$, то в качестве решения надо брать выражение (24), в противном случае следует выбрать зависимость (25).

Подстановка потенциалов (24) и (25) в формулу (3) дает следующие распределения плотности электронов в зазоре между электродами

$$n_e(x) = \frac{n_0}{[\cos(\sqrt{-C}b_e x) + \sqrt{1+C}\dfrac{\sin(\sqrt{-C}b_e x)}{\sqrt{-C}}]^2}, \tag{27}$$

$$n_e(x) = \frac{n_0}{[\mathrm{ch}(\sqrt{C}b_e x) + \sqrt{1+C}\dfrac{\mathrm{sh}(\sqrt{C}b_e x)}{\sqrt{C}}]^2}. \tag{28}$$

Входящая во все вышеприведенные формулы константа C определяется с помощью граничного условия $\varphi_e(L) = \varphi_0$. Для распределения потенциала (24) при этом получаем трансцендентное уравнение для неизвестной C:

$$\cos(\sqrt{-C}b_e L) + \sqrt{1+C}\frac{\sin(\sqrt{-C}b_e L)}{\sqrt{-C}} = \exp(-\frac{\varphi_0}{2}) \geq 1. \tag{29}$$

В случае $\varphi_0 = 0$ (два одинаковых электрода) уравнение (29) можно свести к виду

$$\cos(\sqrt{-C}b_e L) = \sqrt{-C}. \tag{30}$$

Достаточно просто определяется и распределение электронов в пространстве между двумя цилиндрическими электродами. Мы не приводим полученные распределения ввиду их громоздкости. Читатель вполне может получить их самостоятельно, поскольку соответствующее решение находится из уравнения (14) тем же методом.

Литература

1. *Ухов В.Ф., Кобелева Р.М., Дедков Г.В., Темроков А.И.* Электронно-статистическая теория металлов и ионных кристаллов. — М.: Наука, 1982.
2. *Martynov G.A., Salem R.R.* Electrical Double Layer at a Metal — Dilute Electrolyte Solution Interface. — Berlin: Springer, 1983.
3. *Бродский А.М., Гуревич Ю.Я.* Теория электронной эмиссии металлов. — М.: Наука, 1973.
4. *Тамм И.Е.* Основы теории электричества. — М.: Наука, 1966.
5. *Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М.* Поверхностные силы. — М.: Наука, 1985.
6. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. 2. — М.: Наука, 1975.

Е.Г. Григорьев

Кинетика электроимпульсного прессования порошковых материалов

В работе изучается кинетика процесса консолидации материалов из электропроводных нанопорошков при электроимпульсном прессовании.

Одним из перспективных методов получения консолидированных наноматериалов из нанопорошков является электроимпульсное прессование [1: с. 58]. Так как сохранению исходной наноструктуры в получаемых материалах способствует кратковременность процесса консолидации. Для оптимизации процесса электроимпульсного прессования необходимо исследовать физические явления, протекающие в прессуемом порошковом материале. Кинетика процесса консолидации материалов из электропроводных порошков при электроимпульсном прессовании изучалась на экспериментальной установке, внешний вид которой приведен на рис. 1.

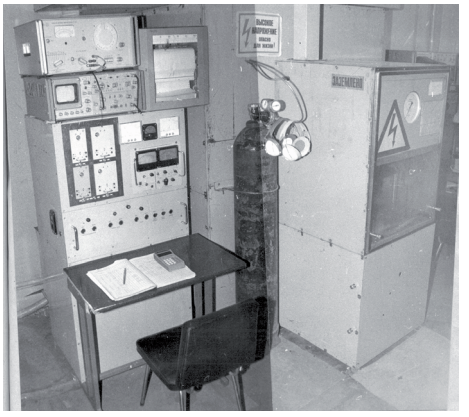

Рис. 1. Установка для электроимпульсного прессования порошков

Установка состоит из: блока накопления энергии, коммутатора, блока прессования, системы измерения параметров импульса тока, системы измерения температуры прессуемых образцов, системы регистрации кинетики уплотнения прессуемого материала. Блок накопления энергии включает в себя батарею конденсаторов с запасаемой энергией до 75 кДж. Электрическим коммутирующим устройством в электроимпульсной установке является вакуумный разрядник — тригатрон, который служит для замыкания электрической цепи. Тригатрон способен пропускать импульсы тока до 10^6 А. Блок прессования в качестве нагружающего устройства использует пневмоцилиндр, создающий усилие до 50 кН. Процесс изготовления изделий методом электроимпульсного прессования начинается с приготовления и дозировки шихты. Подготовленная навеска порошка помещается в технологическую сборку, состоящую из неэлектропроводной керамической матрицы и молибденовых пуансонов, и сборка устанавливается в блок прессования. Далее подается давление (контролируемое газовым манометром) в пневмоцилиндр, которое через пуансоны производит начальную подпрессовку порошка. Затем батарея конденсато-

ров заряжается до необходимой величины напряжения. Далее на тригатрон подается инициирующий импульс, электрическая цепь замыкается и конденсаторная батарея разряжается через подпрессованный порошок. После этого снимается давление и спрессованный образец извлекается из технологической сборки. Процесс электроимпульсного прессования, как правило, проводится без использования защитной атмосферы или вакуума. Основными параметрами процесса электроимпульсного прессования являются внешнее давление и импульс тока от разряда батареи. Система измерения параметров импульса регистрирует амплитуду и форму импульса тока, протекающего в разрядной электрической цепи электроимпульсной установки. В качестве измерительного устройства используется пояс Роговского. Типичная осциллограмма импульса тока, проходящего через порошковую заготовку при электроимпульсном прессовании, представлена на рис. 2.

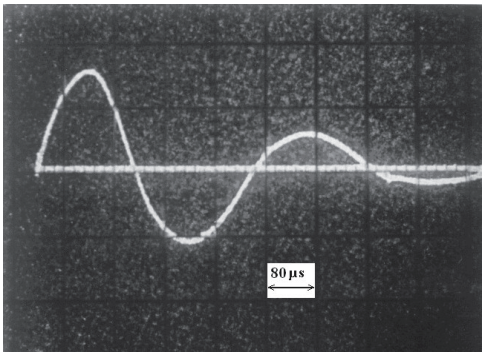

Рис. 2. Осциллограмма импульса тока при прессовании порошка ПЖ2М3

Энергия импульса разрядного тока, проходящего через порошковый материал, передается порошку посредством тепловыделения. Разряд батареи конденсаторов позволяет за короткое время (~10^{-3} с) осуществить импульсный нагрев порошкового материала. Степень нагрева прессуемого порошка зависит от начального сопротивления прессовки, запасенной энергии в конденсаторной батарее, условий теплоотдачи от прессовки. Система измерения температуры регистрирует температуру поверхности прессуемого образца после прохождения по нему электрического импульса. Для измерения температуры используются термопары типа хромель-алюмель и вольфрам-рений. Зависимость температуры поверхности образца из порошка ПЖ2М3 от времени приведена на рис. 3 (масса образца 9,4 г, диаметр образца 9 мм, давление 117 МПа).

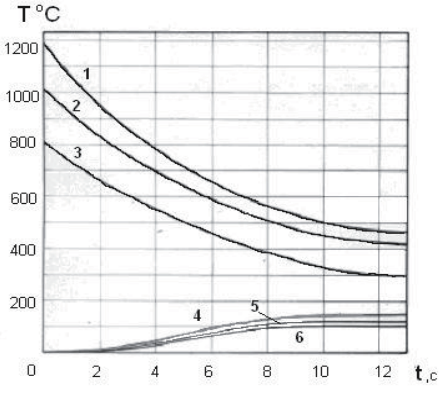

Рис. 3. Зависимость от времени температуры образца из порошка ПЖ2М3 (кривые 1, 2, 3) и внешней поверхности керамической матрицы (кривые 4, 5, 6).

На рис. 3 кривые 1 и 4 соответствуют напряжению на батарее конденсаторов 2,7 кВ, кривые 2 и 5 — 2,4 кВ, кривые 3 и 6 — 2,0 кВ. Зависимость

от времени температуры поверхности прессуемого образца при других значениях параметров прессования имеет аналогичный вид. Система регистрации кинетики уплотнения прессуемого материала использует метод высокоскоростной киносъёмки (скоростной киноаппарат СКС-1М). Этот метод является одним из наиболее эффективных для исследования быстропротекающих процессов. Экспериментальное исследование кинетики высокоскоростного уплотнения порошка ПЖ2М3 проводилось на образцах диаметром 9 мм и массой 9,4 г для различных значений параметров импульса тока и давления. На рисунках 4, 5 приведена зависимость от времени высоты прессуемого образца при различных параметрах прессования, полученная из обработки кинограмм процесса.

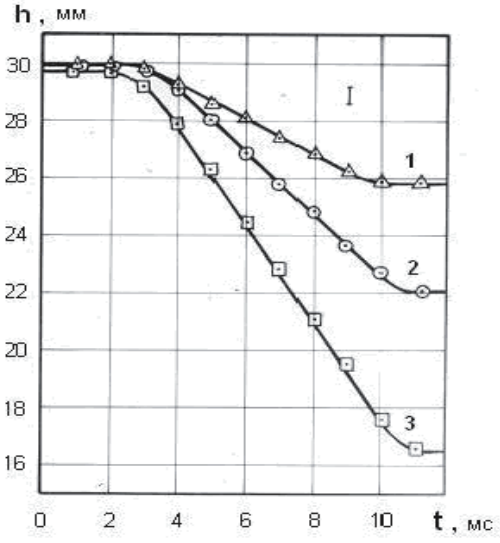

Рис. 4. Кинетика уплотнения при давлении 247 МПа и различных амплитудах импульса тока: 1 — 156 кА/см^2, 2 — 195 кА/см^2, 3 — 234 кА/см^2

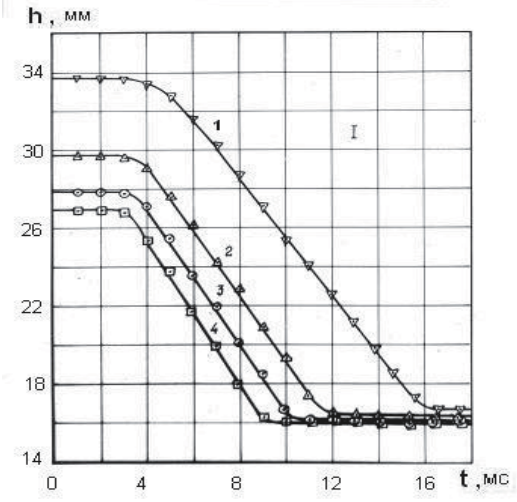

Рис. 5. Кинетика уплотнения при амплитуде импульса тока 234 кА/см^2 и различных давлениях: 1 — 106 МПа, 2 — 176 МПа, 3 — 247 МПа, 4 — 282 МПа

Из экспериментов следует, что движение пуансонов в процессе электроимпульсного прессования происходит с постоянной скоростью. Величина скорости зависит от амплитуды плотности тока и прессующего давления (возрастает с увеличением давления и амплитуды плотности тока). Плотность материала, полученного электроимпульсным методом, определяется амплитудным значением импульса тока. Длительность процесса уплотнения порошкового материала находится в пределах от 6 мс до 16 мс для всех исследованных режимов электроимпульсного прессования. Прямыми экспериментами подтверждён вывод, полученный ранее на основе математического моделирования процессов, протекающих при электроимпульсном прессовании [2]:

$$t_0 < t_1 << t_2$$

где t_0 — длительность импульса разрядного тока, t_1 — время уплотнения порошковой прессовки, t_2 — время охлаждения спрессованного образца за счет теплоотдачи через пуансоны и матрицу.

Литература

1. *Григорьев Е.Г.* Современные достижения и перспективы электроимпульсных (электроразрядных) методов спекания порошковых материалов // Научная сессия МИФИ-2006. Сборник научных трудов. Т. 9. — М.: МИФИ, 2006 .
2. *Горбачев Л.П., Григорьев Е.Г., Новиков С.В.* Математическое моделирование процесса электроимпульсного нанесения твердосплавных покрытий // Препринт 035-89, МИФИ. — М., 1989.

Н.Н. Скрыпник

Логическое моделирование одноразрядного двоичного сумматора в программе Excel

В работе моделируется функционирование одноразрядного сумматора с помощью программы Microsoft Excel.

Сумматором называется один из основных элементов компьютера, предназначенный для сложения двух чисел. Принцип работы сумматора основан на использовании свойств бинарных логических операций (конъюнкции, дизъюнкции и отрицания), а также правил сложения чисел в двоичной арифметике, использующей только цифры 0 и 1.

Сложение чисел в сумматоре осуществляется поразрядно. Таким образом, максимальное количество разрядов в числе определяет сложность необходимой конструкции сумматора. Реализация сложения двух двоичных чисел в одном разряде иллюстрируется блок-схемой на рис. 1.

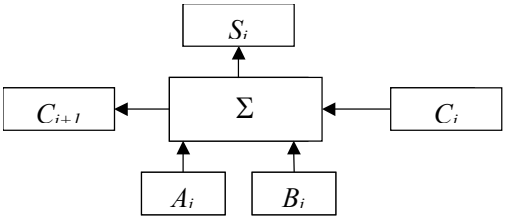

Рис. 1.

Здесь обозначено: A_i — первое слагаемое, B_i — второе слагаемое, S_i — сумма двух слагаемых, C_i — перенос числа в данный разряд из младшего, C_{i+1} — перенос числа из данного разряда в старший. Имея в виду, что каждое из слагаемых принимает в каждом разряде множество состояний, равное $A_i=\{0,1\}$, $B_i=\{0,1\}$, а $S_i=S(A_i,B_i,C_i)$, $C_{i+1}=C(A_i,B_i,C_i)$, получим таблицу 1 различных комбинаций чисел A_i, B_i, S_i, C_i, C_{i+1} работы сумматора.

Таблица 1

№ строки, *i*	A_i	B_i	C_i	S_i	C_{i+1}
0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0
2	0	1	0	1	0
3	1	0	0	1	0
4	1	1	0	0	1
5	1	0	1	0	1
6	0	1	1	0	1
7	1	1	1	1	1

Таблица 1 определяет различные состояния сумматора как цифрового автомата. Табличные значения логических функций S_i и C_{i+1} можно представить в виде совершенной дизъюнктивной нормальной формы (СДНФ). Для описания S_i в таблице 1 следует выделить наборы переменных, для которых значения S_i равны 1:

$$S_i(0,0,1) = 1, \quad I = 1; \quad S_i(0,1,0) = 1,$$
$$i = 2;\ S_i(1,0,0) = 1,\ i = 3;\ S_i(1,1,1) = 1,\ i = 7. \qquad (1)$$

Каждое значение функции в формуле (1) представляет собой единичный терм. Введём для них следующие обозначения $F_i = 1$; $i = \{1, 2, 3, 7\}$, где i есть десятичный код номера строки данного набора переменных.

Единичные термы можно вычислить через бинарные логические операции конъюнкцию, дизъюнкцию и инверсию (отрицание) по формулам:

$$F_1 = \overline{A_1} \wedge \overline{B_1} \wedge C_1;\ F_2 = \overline{A_2} \wedge B_2 \wedge \overline{C_2};$$
$$F_3 = A_3 \wedge \overline{B_3} \wedge \overline{C_3};\ F_7 = A_7 \wedge B_7 \wedge C_7. \qquad (2)$$

При написании выражений (2) использовано правило для единичных термов: если переменная входит в набор как 1, то она вписывается без изменения в конъюнкцию, соответствующую данному набору; если же переменная входит в данный набор как 0, то в соответствующую конъюнкцию вписывается её отрицание.

Терм, связывающий переменные в прямой или инверсной форме знаком конъюнкции, называется конъюнктивным термом. Таким образом, данную функцию можно представить аналитически объединением конъюнктивных термов знаком дизъюнкции:

$$S_i = f(A_i, B_i, C_i) = F_1 \vee F_2 \vee F_3 \vee F_7;$$

или с учётом выражений (2) получаем выражение для суммы:

$$S_i = f(A_i, B_i\ C_i) =$$
$$= (\overline{A_1} \wedge \overline{B_1} \wedge C_1) \vee (\overline{A_2} \wedge B_2 \wedge \overline{C_2}) \vee (A_3 \wedge \overline{B_3} \wedge \overline{C_3}) \vee (A_7 \wedge B_7 \wedge C_7). \qquad (3)$$

Представление логического выражения в виде (3) называется совершенной дизъюнктивной нормальной формой или сокращённо — СДНФ.

Для описания C_{i+1}, в таблице №1 необходимо выделить наборы переменных, для которых значения C_{i+1} равны 1:

$$C_{i+1}(1,1,0) = 1,\ i = 4;\ C_{i+1}(1,0,1) = 1,\ i = 5;$$
$$C_{i+1}(0,1,1) = 1,\ i = 6;\ C_{i+1}(1,1,1) = 1,\ i = 7. \qquad (4)$$

Каждое значение функции в формуле (4) также представляет собой единичный терм. Введём для них следующие обозначения $F_i = 1$; $i = \{4,5,6,7\}$, где i есть десятичный код набора переменных.

Единичные термы можно вычислить через бинарные логические операции конъюнкцию, дизъюнкцию и инверсию по формулам:

$$F_4 = A_4 \wedge B_4 \wedge \overline{C_4};\ F_5 = A_5 \wedge \overline{B_5} \wedge C_5;$$
$$F_6 = \overline{A_6} \wedge B_6 \wedge C_6;\ \mathrm{F}_7 = A_7 \wedge B_7 \wedge C_7. \qquad (5)$$

При написании выражений (5) также использовано правило: если переменная входит в набор как 1, то она вписывается без изменения в конъюнк-

цию, соответствующую данному набору; если же переменная входит в данный набор как 0, то в соответствующую конъюнкцию вписывается её отрицание.

Таким образом, и данную функцию можно представить аналитически объединением конъюнктивных термов знаком дизъюнкции:

$$C_{i+1} = f(A_i, B_i, C_i) = F_4 \vee F_5 \vee F_6 \vee F_7;$$

или с учётом выражений (5) получаем выражение для переноса:

$$C_{i+1} = f(A_i, B_i, C_i) =$$

$$= (A_4 \wedge B_4 \wedge \overline{C_4}) \vee (A_5 \cdot \overline{B_5} \cdot C_5) \vee (\overline{A_6} \wedge B_6 \wedge C_6) \vee (A_7 \wedge B_7 \wedge C_7). \qquad (6)$$

Представление логического выражения в виде (6) также называется совершенной дизъюнктивной нормальной формой или сокращённо — СДНФ.

Используя макрокоманды пакета Microsoft Excel, можно получить по формулам (3) и (6) для S_i и C_i численные значения, соответствующие величинам, приведённым в таблице 1.

Реализация выражений (3) и (6) в сумматоре осуществляется в соответствии с логической схемой, приведённой на рис. 1.

В электронных таблицах Excel имеются мастер-функции, позволяющие вычислять логические операции. Синтаксис этих операций выглядит следующим образом: = ЕСЛИ (И (X_1; X_2; X_3); 1;0) — вычисление конъюнкции 3-х переменных, = ЕСЛИ (ИЛИ (X_1; X_2; X_3); 1; 0) — вычисление дизъюнкции 3-х переменных, = ЕСЛИ (НЕ (X_1); 1; 0) — вычисление инверсии 1-й переменной.

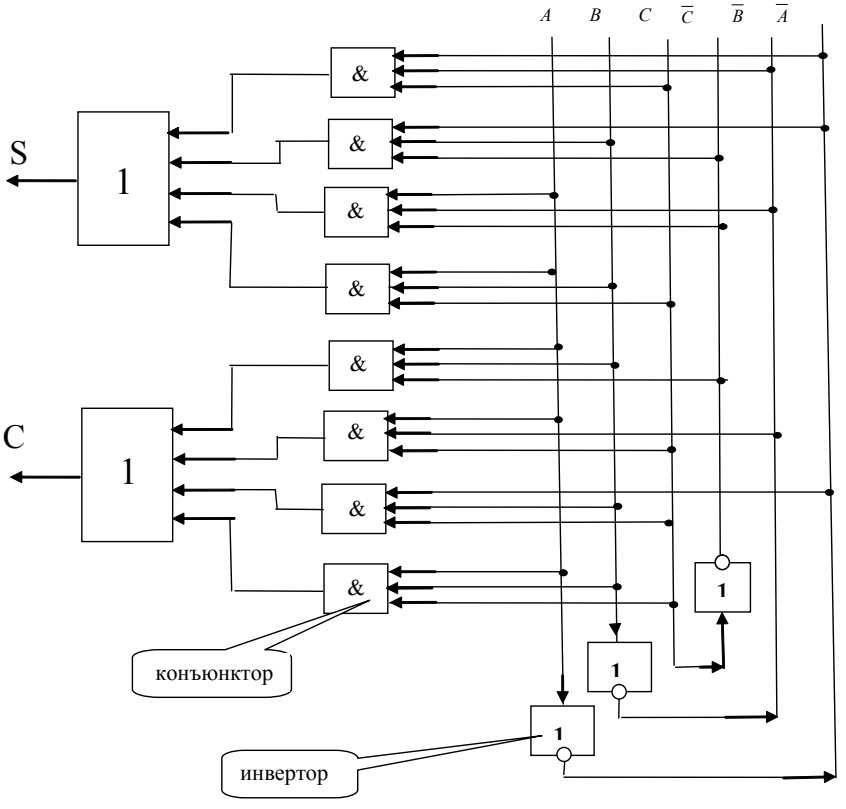

Рис. 1.

Для решения данной задачи используются макрокоманды Excel, приведённые в работе. [1: с. 406–409]. Формат записи каждой макрокоманды включает в себя : порядковый номер , наименование макрокоманды и её параметры.

1. ***«Набор формул».***

Параметры: строка № 1; столбцы A-P. Результат выполнения — на рис. 2.

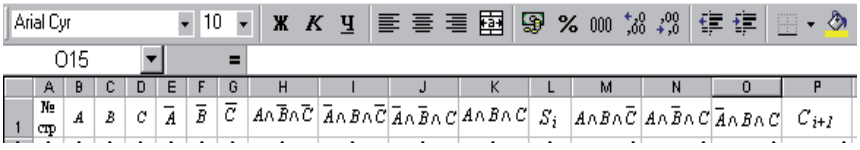

Рис. 2.

2. ***«Занесение исходных данных в ячейки».***

Параметры: столбец A, № строк 1-8; столбцы B-D, значения логических переменных (из табл. 1).

Результат выполнения представлен на рис. 3.

	A	B	C	D
1	№ стр	A	B	C
2	1	0	0	0
3	2	0	0	1
4	3	0	1	0
5	4	1	0	0
6	5	1	1	0
7	6	1	0	1
8	7	0	1	1
9	8	1	1	1

Рис. 3.

3. ***«Вычисление логических выражений*** $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}$ ***».***

Параметры: столбец E: =ЕСЛИ(НЕ(B);1;0),
столбец F: =ЕСЛИ(НЕ(C);1;0),
столбец G: =ЕСЛИ(НЕ(D);1;0).

Результат выполнения представлен на рис. 4.

	A	B	C	D	E	F	G
1	№ стр	A	B	C	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{C}$
2	1	0	0	0	1	1	1
3	2	0	0	1	1	1	0
4	3	0	1	0	1	0	1
5	4	1	0	0	0	1	1
6	5	1	1	0	0	0	1
7	6	1	0	1	0	1	0
8	7	0	1	1	1	0	0
9	8	1	1	1	0	0	0

Рис. 4.

4. ***«Вычисление логических выражений*** $A\wedge\overline{B}\wedge\overline{C}$, $\overline{A}\wedge B\wedge\overline{C}$, $\overline{A}\wedge\overline{B}\wedge C$, $A\wedge B\wedge C$ ***».***

Параметры: ст. H: = ЕСЛИ (И (B; F; G); 1; 0),
ст. I: = ЕСЛИ (И (E; C; D); 1; 0),
ст. J: = ЕСЛИ (И (E; F; G); 1; 0).
ст. K: = ЕСЛИ (И (B; C; D); 1; 0).

Результат — на рис. 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	№ стр	A	B	C	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{C}$	$A\wedge\overline{B}\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge B\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge\overline{B}\wedge C$	$A\wedge B\wedge C$
2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
3	2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
4	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
5	4	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
6	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
7	6	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
8	7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
9	8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Рис. 5.

5. ***«Вычисление логических выражений для суммы S_i».***
Параметры: столбец L: = ЕСЛИ (ИЛИ (B; C; G); 1; 0).
Результат выполнения на рис. 6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	№ стр	A	B	C	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{C}$	$A\wedge\overline{B}\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge B\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge\overline{B}\wedge C$	$A\wedge B\wedge C$	S_i
2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
3	2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1
4	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
5	4	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
6	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	6	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
8	7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9	8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1

Рис. 6.

6. ***«Вычисление логических выражений*** $A\wedge B\wedge\overline{C}$, $A\wedge\overline{B}\wedge C$, $\overline{A}\wedge B\wedge C$ ***».***
Параметры: ст. M: = ЕСЛИ (И (C; F; G); 1; 0),
ст. N: = ЕСЛИ (И (B; F; D); 1; 0),
ст. O: = ЕСЛИ (И (E; C; D); 1; 0).
Результат — на рис. 7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	№ стр	A	B	C	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{C}$	$A\wedge\overline{B}\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge B\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge\overline{B}\wedge C$	$A\wedge B\wedge C$	S_i	$A\wedge B\wedge\overline{C}$	$A\wedge\overline{B}\wedge C$	$\overline{A}\wedge B\wedge C$
2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
4	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
5	4	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
6	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
7	6	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Рис. 7.

7.***«Вычисление логических выражений для переноса C_{i+1}».***
Параметры: столбец P: = ЕСЛИ (ИЛИ (M; N; O; K); 1; 0).
Результат вычисления — на рис. 8.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	№ стр	A	B	C	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{C}$	$A\wedge\overline{B}\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge B\wedge\overline{C}$	$\overline{A}\wedge\overline{B}\wedge C$	$A\wedge B\wedge C$	S_i	$A\wedge B\wedge\overline{C}$	$A\wedge\overline{B}\wedge C$	$\overline{A}\wedge B\wedge C$	C_{i+1}
2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
4	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
5	4	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
6	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
7	6	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
8	7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9	8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1

Рис. 8.

Результаты вычислений будут выглядеть так, как показано в таблице, изображённой на рис. 8. Отсюда видно, что численные значения S_i и C_{i+1} соответствуют значениям, приведённым в табл. 1 (последние два столбца).

Здесь при вычислении суммы чисел S_i и переноса в старший разряд C_{i+1} были использованы полученные заранее промежуточные вычисления (заготовки), размещённые в столбцах H-K и M-O (рис. 8). Подготовка промежу-

точных вычислений требует дополнительных затрат времени. Вместе с тем, для быстрейшего получения результатов можно использовать прямое моделирование выражений (3) и (6) в Excel [2].

В этом случае при вычислении S_i в соответствующую ячейку Excel необходимо, пользуясь приведёнными выше формулами, записать логическое выражение: = ЕСЛИ (ИЛИ (И (A; НЕ(B); НЕ(C)); И (НЕ(A); B; НЕ(C)); И (НЕ(A); НЕ(B); C); И(A; B; C)); 1; 0), а для вычисления C_{i+1} записать выражение: = ЕСЛИ (ИЛИ (И (A; B; НЕ(C)); И (A; НЕ(B); C); И (НЕ(A); B; C); И(A; B; C)); 1; 0).

Литература

1. *Бубнов В.А.* Особенности изучения программных средств в сельской школе // Информатизация сельской школы (Инфосельмаш-2005). Труды III Всероссийского научно-методического симпозиума. 20–22 сент. 2005 г. Анапа.). — М., 2005.
2. *Долженков В., Колесников Ю.* Microsoft Excel 2000. — СПб., 2001.

Н.С. Сосновский

Алгоритм построения прямой линии в компьютерной графике и его реализация в программе Excel

В работе обсуждается алгоритм построения прямой линии, который используется в графическом пакете Компас.

В настоящее время для персонального компьютера существует несколько программ, позволяющих реализовывать графические объекты на экране компьютера. Среди них можно отметить Компас, которая внедряется в среднюю школу, Autocad, которая ориентирована на задачи машиностроительного черчения.

Указанный программный продукт обладает набором инструментов, с помощью которых пользователь легко производит те или иные графические построения, зачастую не понимая, как указанные построения реализует компьютер как автомат, умеющий только производить вычисления с помощью операций двоичной логики.

Чтобы восстановить процесс графических построений, необходимо построить вычислительный алгоритм построения на экране того или иного графического объекта.

Для этого можно воспользоваться методами из аналитической геометрии. Постараемся разобрать следующую задачу.

Задача. Построить прямую линию длиной $L = 5$, с началом координат в точке $x_0 = 1$, $y_0 = 1$ под углом $\alpha = 35^o$.

Прежде всего, необходимо дать общеизвестное определение линии [1]. *Линией называется множество всех точек плоскости, координаты которых удовлетворяют уравнению* $F(x, y) = 0$.

Из этого определения следует, что для построения линии необходимо дать алгоритм построения такого множества точек.

Применительно к поставленной задаче (1), данный алгоритм можно получить из известного в аналитической геометрии уравнения прямой с угловым коэффициентом:

$$y = k\,(x - x_0) + y_0 \tag{1}$$

Здесь — $k = tg\ \alpha$ так называемый угловой коэффициент прямой, x_0 — начальная точка на оси абсцисс; y_0 — начальная точка на оси ординат.

Вычислительный алгоритм, вытекающий из уравнения (1) строится следующим образом. При заданных значениях x_0 и y_0 берется произвольное значение x, задаётся величина k и после этого вычисления правой части в (1) определяется строго определённое число y.

Далее множество таким образом полученных точек x и y наносятся на плоскость. Если точек x и y оказывается достаточно много, то после нанесения их на экран компьютера они сольются в сплошную прямую линию, в противном случае линия будет дискретна.

Описанная процедура нанесения на плоскость точек x и y ничем не отличается от построения графика функции $y = f(x)$, где $f(x)$ задаётся правой частью в уравнении (1). Однако по условию задачи (1) необходимо построить линию заданной длины L . Последнее означает, что график $y = f(x)$ нужно строить на отрезке определённой длины, отложенном по оси абсцисс, определяющем область определения данной функции. Величину этого отрезка на оси абсцисс можно найти из условия, что

$$(x_к - x_0) = L\cos\alpha \tag{2}$$

где $x_к$ — конечная координата на оси абсцисс.

Очевидно, что количество точек (x, y) на выстраиваемой прямой линии длинной $L = 5$ будет равно количеству точек, выбираемых на отрезке $(x_к - x_0)$. Если число точек обозначить через n, то величина расстояния между этими точками на оси абсцисс будет определяться так:

$$h = \frac{(x_k - x_0)}{n}$$

С учетом формулы (2) последнее соотношение можно переписать следующим образом:

$$h = \frac{L\cos\alpha}{n} \tag{3}$$

Если через x_i обозначить координату точки прямой линии, лежащей внутри отрезка $(x_к - x_0)$, то, зная x_0 и h, можно величину x_i определять так:

$$x_i = x_0 + i \cdot \frac{L\cos\alpha}{n},\ i = 0,1,2\ \ldots\ n \tag{4}$$

В уравнении (1) полагаем $x = x_i, y = y_i$, тогда после подстановки x_i из уравнения (4) в (1) получаем:

$$y_i = i\ \cdot \frac{L\cos\alpha}{n}\ k + y_0 \tag{5}$$

Таким образом, вычислительный алгоритм выполнения указанной задачи состоит из формул (4), (5).

Расчет по формуле (4) проведём, например, при: $L = 5$, $\alpha = 35$ и $n = 10$. Для вычисления x_i при указанных начальных данных необходимо в строке формул программы Excel записать следующую программу: =1+ A5*(5*COS(РАДИАНЫ(35))/10), где A5 — номер ячейки рабочего окна данной программы.

Для расчета по формуле (5) необходимо взять $k = 0{,}700208$, что соответствует тангенсу угла в 35°, и $y_0 = 1$.

Таблица 1

i	x_i	y_i
0	1	1
1	1,409576	1,286788
2	1,819152	1,573577
3	2,228728	1,860365
4	2,638304	2,147154
5	3,04788	2,433942
6	3,457456	2,72073
7	3,867032	3,007519
8	4,276608	3,294307
9	4,686184	3,581096
10	5,09576	3,867884

Теперь для вычисления y_i необходимо в строке формул программы Excel записать следующую программу: = A5*(5*COS(РАДИАНЫ(35))/10)*0,700208+1.

Результат вычисления иллюстрирует таблица 1, где i — номер этапа вычислительного процесса, в результате которого по данному x_i получается y_i. В двух других столбцах представлена таблично функция $y_i = f(x_i)$. График $y_i = f(x_i)$ можно построить с помощью мастера диаграмм (см рис. 1).

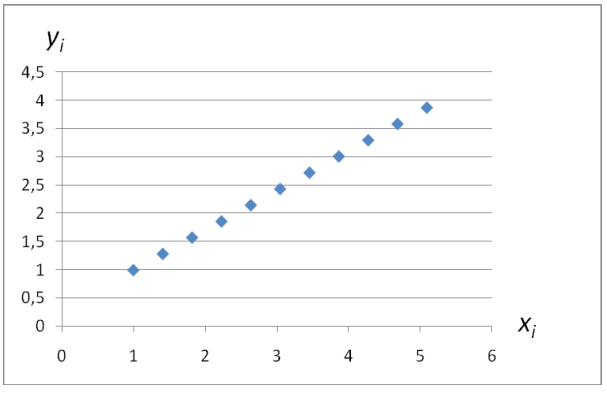

Рис. 1. Функция $y_i = f(x_i)$ при $n = 10$

Из рисунка 1 видно, что при $n = 10$ количества точек недостаточно, чтобы данный ряд дискретных точек на экране компьютера воспринимался сплошной прямой линией. Чтобы данную дискретную линию сделать сплошной, увеличим количество точек и выберем, например $n = 50$. Для вычисления x_i при новых значениях необходимо в строке формул программы Excel записать программу: =1+ A5*(5*COS(РАДИАНЫ(35))/50).

Для вычисления y_i при новых значениях необходимо в строке формул программы Excel записать программу:

= A5*(5*COS(РАДИАНЫ(35))/50)*0,700208+1.

По новым полученным значениям x_i и y_i, строим с помощью Excel график $y_i = f(x_i)$ (см рис. 2):

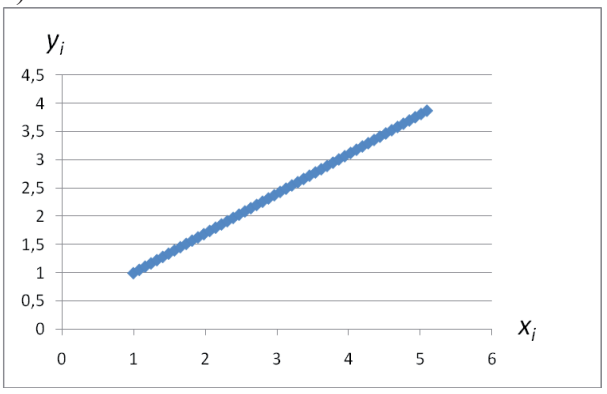

Рис. 2. Функция $y_i = f(x_i)$ при $n = 50$

Из рисунка 2 видно, что выбранное количество точек позволяет на экране компьютера воспринимать их как сплошную прямую линию.

В графических пакетах Компас данная задача решается с помощью следующих инструментов: на инструментальной панели геометрии выбрать инструмент **Ввод отрезка**, внизу в строке параметров объекта ввести координаты первой точки отрезка, угол наклона и длину.

Из изложенного очевидно, что указанные инструменты пакета Компас реализуются с помощью специальных программ, которые воспроизводят указанный алгоритм.

Литература

1. *Атанасян Л.С.* Геометрия: Учебное пособие для студентов физ.мат. фак-тов пед. ин-тов. Ч. 1. — М.: Просвещение, 1983.

А.С. Пронин

Статистический анализ курса доллара с помощью программы MS Excel

Методом математической статистики в работе вычисляется доверительный интервал как степень риска курса валют на примере стоимости доллара.

Обычно данные по курсу валют анализируются методами математической статистики. В случае если стоимость денежной единицы как случайной величины описывается нормальным законом распределения, то после вычисления математического ожидания $\bar{x}$ и среднего квадратичного отклонения определяется так называемая мера риска как интервал $\bar{x} \pm \sigma$. Если же стоимость денежной единицы не описывается нормальным законом распределе-

ния, то в указанный интервал попадают не все большие частоты, что, в свою очередь, приведет к неточному определению меры риска.

В работе В.А. Бубнова и А.С. Пронина [1] предложен приём перестройки любого закона распределения случайной величины к нормальному закону и алгоритм расчета меры риска в самом общем случае поведения случайной величины. Следуя [1: с. 49–77], произведём анализ курса доллара США на период с 1 января по 31 января 2004 года.

Для этого цену одного доллара в рублях обозначим через x. В диапазоне изменения x для рассматриваемого месяца удалось выделить средствами Excel $x_{max} = 29{,}455$ и $x_{min} = 28{,}485$.

Для получения многоугольника распределения случайной величины x все её числовые значения разбиваются на 8 интервалов, номера которых обозначаются через z_i, а величина h интервала вычисляется по следующей формуле:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{8} \tag{1}$$

Границы рассматриваемых интервалов вычисляются таким образом:

$$y_{j+1} = y_j + h, \qquad j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \tag{2}$$

причём $y_0 = x_{min} = 28{,}485$, а $y_8 = x_{max} = 29{,}455$.

Далее для получения статистического числа x_i, как числа, эквивалентного всем числам, попадающим в интервал $y_j - y_{j+1}$, воспользуемся формулой

$$x_i = \frac{y_j + y_{j+1}}{2} \tag{3}$$

После чего для построения ряда распределения статистической величины x_i необходимо каждому x_i поставить в соответствие число n_i как число появлений значений x в интервале $y_j - y_{j+1}$. Относительную величину n_i назовём частотой p_i появления x в указанном интервале, которую будем вычислять по формуле

$$p_i = \frac{n_i}{\Sigma n_i} \tag{4}$$

Результаты расчётов по формулам (1)–(4) выполненные в программе MS Excel применительно к рассматриваемым данным по курсу доллара за январь, иллюстрирует таблица 1.

Таблица 1

	D	E	F	G	H	I	L	M	N
1				z_i	y_i	y_{i+1}	x_i	n_i	p_i
2	max	29,455		1	28,4850	28,6062	28,5456	5	0,2632
3	min	28,485		2	28,6062	28,7274	28,6668	1	0,0526
4	h	0,1212		3	28,7274	28,8486	28,7880	3	0,1579
5				4	28,8486	28,9698	28,9092	5	0,2632
6				5	28,9698	29,0909	29,0303	1	0,0526
7				6	29,0909	29,2121	29,1515	1	0,0526
8				7	29,2121	29,3333	29,2727	1	0,0526
9				8	29,3333	29,4545	29,3939	2	0,1053

Для полученного ряда распределения $p_i = p_i(x_i)$ (столбцы N и L) можно вычислить математическое ожидание по формуле:

$$\overline{x} = \Sigma x_i p_i \tag{5}$$

и среднее квадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\Sigma (x_i - \overline{x})^2 p_i} \tag{6}$$

Вычисление $\overline{x}$ и σ показало, что $\overline{x} = 28{,}8709$, а $\sigma = 0{,}2726$, тогда диапазон $(\overline{x} \pm \sigma)$ будет таким $28{,}5983 \le x \le 29{,}1434$.

По полученным данным построим многоугольник распределения курса доллара $p_i = p_i(x_i)$ (рис. 1), на котором отметим диапазон $\overline{x} \pm \sigma$.

Из данных таблицы 1 видно, что в интервал $28{,}5983 \le x \le 29{,}1434$ не попало значение $x_i = 28{,}546$. Этому значению x_i соответствует цена доллара в 28,546 руб., которая удерживалась в течение пяти дней, что свидетельствует о неточности полученного доверительного интервала 2σ.

Для проверки гипотезы о нормальном законе распределения случайной величины x_i из таблицы 1 перейдём к плотности вероятности по следующей формуле:

$$f(x_i) = \frac{p_i}{h} \tag{7}$$

Данную эмпирическую функцию $f(x_i)$ сравним с нормальным законом распределения

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\overline{x})^2}{2\sigma^2}}, \tag{8}$$

где σ и $\overline{x}$ принимаются равными 0,2726 и 28,8709 соответственно.

Это сравнение осуществим по известному критерию Пирсона

$$\chi^2 = \sum \frac{(f(x_i) - f(x))^2}{f(x)} \tag{9}$$

Расчёт по (9) в программе Excel показал что $\chi^2 = 6{,}1972$. Такая величина χ^2 свидетельствует о большом отклонении функции $f(x_i)$ от нормального закона распределения.

Чтобы данный многоугольник распределения перестроить к виду, подчиняющемуся нормальному закону распределения, поступаем следующим образом [1].

Величину $p_i = p_i(x_i)$ выразим через величину $p_i = p_i(z_i)$, где z_i суть числа натурального ряда, которые поставлены в соответствие числам x_i. Для этого из данных таблицы 1 с помощью программы Excel построим ряд распределения $p_i(x_i)$ в порядке возрастания частоты. В этом случае числа x_i перенумеруются числами z_i, т.е. получим функцию $x_i(z_i)$, которая свяжет числа p_i, расположенные в порядке возрастания частоты, с величинами z_i (табл. 2).

От этой формы ряда распределения величины x_i перейдём к новой форме, которая будет соответствовать нормальному закону. Для чего максимальной частоте (табл. 2) $p_8 = 0{,}2581$ и значению $x_8 = 27{,}235$ ставим в соответствие число $z_i = 4$, а оставшиеся числа x_i и p_i при четных значениях z_i располагаем в порядке возрастания частоты в строках определяемых $z_i = 1, 2, 3$. Такие же числа

с нечетными номерами z_i располагаем в порядке убывания частоты в строках z_i = 5, 6, 7, 8 (табл. 2 столбец E).

Таблица 2

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	z_i	x_i	p_i	x_i	$p_i(z_i)$	$z_i * p_i$	$(z_i - z)^2$	$p_i(z_i - z)^2$
2	**1**	28,6668	0,0526	29,0303	0,0526	0,0526	11,7036	0,6160
3	**2**	29,0303	0,0526	29,2727	0,0526	0,1053	5,8615	0,3085
4	**3**	29,1515	0,0526	28,788	0,1579	0,4737	2,0194	0,3189
5	**4**	29,2727	0,0526	28,9092	0,2632	1,0526	0,1773	0,0467
6	**5**	29,3939	0,1053	28,5456	0,2632	1,3158	0,3352	0,0882
7	**6**	28,788	0,1579	29,3939	0,1053	0,6316	2,4931	0,2624
8	**7**	28,5456	0,2632	29,1515	0,0526	0,3684	6,6510	0,3501
9	**8**	28,9092	0,2632	28,6668	0,0526	0,4211	12,8089	0,6742
10						4,4211		1,4109

Новую функцию $p_i(z_i)$ иллюстрирует рисунок 1. Эта функция характеризуется математическим ожиданием $\overline{z}$ и средним квадратичным отклонением σ_1, которое вычисляется по формулам:

$$\overline{z} = \sum z_i p_i \,, \tag{10}$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\sum (z_i - \overline{z})^2 p_i} \,. \tag{11}$$

Расчеты по формулам (10) и (11), выполненные в программе MS Excel, приводят к следующим величинам: $\overline{z}$ = 4,4211, σ_1 = 1,4109.

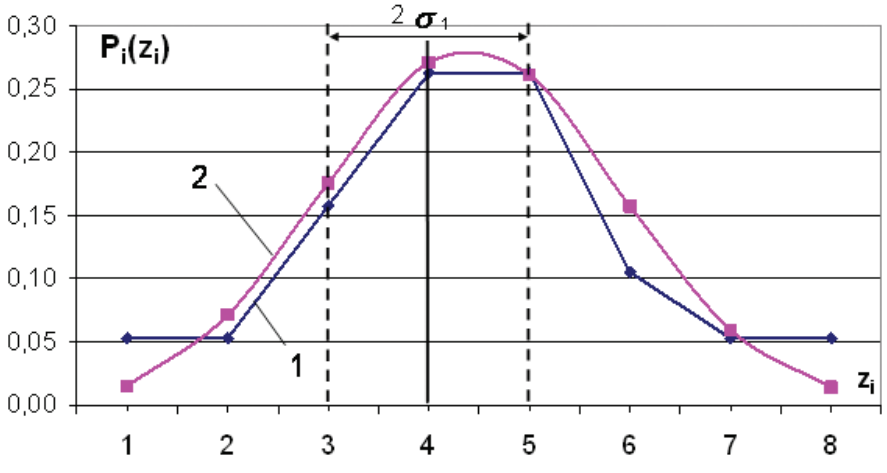

Рис. 1. Нормальный закон распределения величины z_i
1 — $p_i(z_i)$; 2 — $f(z)$ по формуле (12)

Полученные величины функции $\overline{z}$ и σ_1 позволяют восстановить аппроксимирующую функцию нормального закона распределения по формуле (рис. 1):

$$f(z) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(z_i - \overline{z})^2}{2\sigma_1^2}} \tag{12}$$

В этом случае критерий согласия Пирсона следует вычислять так:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f(z_i) - f(z))^2}{f(z)} \qquad (13)$$

Расчёт по (13) показал, что $\chi^2 = 0{,}2629$. Малость этого числа свидетельствует о том, что ломанная $p_i(z_i)$ близка к нормальному закону распределения случайной величины (рис. 1).

Так как опытная кривая $p_i(z_i)$ дискретна, то для определения реальной зоны риска необходимо числа $\overline{z}$ и σ_1 округлить, т.е. принять $\overline{z} = 4$, $\sigma_1 = 1$. Теперь в зону риска попадают числа $z_i = 3$, $z_i = 4$, $z_i = 5$. Из таблицы 2 следует, что указанным числам z_i соответствуют следующие числа x_i: 28,788 ($z_i = 3$), 28,909 ($z_i = 4$), 28,545 ($z_i = 5$).

Полученные таким образом числа x_i позволяют с помощью таблицы 2 установить, что диапазон риска для валюты *Доллар США* в январе 2004 года определяется неравенством $28{,}485 \le x \le 28{,}969$, и в указанный диапазон попало число $x_i = 28{,}546$, принадлежащее частоте $p_i = 0{,}2632$, что говорит о более точном вычислении диапазона риска для валюты доллар в январе 2004 года.

Литература

1. *Бубнов В.А., Пронин А.С.* Статистический анализ курса валют с использованием программы Microsoft Excel // Информационные технологии в предметной области. Вып. III. Август 2006 г. / Отв. ред. В.А. Бубнов. — М.: МГПУ, 2006.

ТРАДИЦИИ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

П.А. Оржековский,
Л.М. Мещерякова

О традициях Российского химического образования

В статье раскрывается история становления и развития методических идей, составляющих основу традиций российского химического образования. Эти традиции, сформировавшиеся боле двухсот лет назад, оказываются актуальными и в настоящее время, мало того, современные педагоги о них нередко забывают, и их приходится отстаивать, прилагая к этому большие усилия.

Российская методика преподавания химии в школе имеет глубокие корни, уходящие к середине XVIII века. Одним из основоположников традиций можно считать Михаила Васильевича Ломоносова. В 1748 году Ломоносов создал первую в мире научную и учебную химическую лабораторию, где читал лекции для студентов и написал труд «Введение в истинную физическую химию», позволяющий увидеть взгляды автора на процесс преподавания. Его отношение к изучающему химию выражено словами: «Химик требуется не такой, который только из одного чтения книг понял сию науку, но который собственным искусством в ней прилежно упражнялся, и не такой, напротив того, который великое множество опытов делал, однако… презирал случившиеся в трудах своих явления и перемены, служащие к истолкованию естественных тайн» [7: с. 354].

М.В. Ломоносов со всей остротой поставил вопрос о критерии истинности знаний. И в научных исследованиях, и в преподавании он призывал ничего не принимать на веру. Только эксперимент, только практика позволяют определить истину.

В настоящее время наблюдается парадокс. Никто не оспаривает идеи М.В. Ломоносова, однако при построении курса химии вполне допускают то, что критерием истинности знаний может быть учебник, слово учителя или логичность приведённых рассуждений. Нередко педагоги даже не задумываются над методологическим смыслом высказывания: «Это правильно, потому что логично».

Одним из первых учебников, появившихся в России в 70-х годах XIX века, был учебник Д.И. Менделеева «Основы химии», предназначенный, по словам автора, «для начинающих и для выражения цельного личного мировоззрения на химические элементы» [8, Т. 1: с. 13]. Интересно отметить, что Д.И. Менделеев в предисловии к учебнику указал, что «главным предметом сочинения служат философские начала нашей науки». Он показал важную роль использования знаний из истории химической науки для понимания сущности совре-

менных теоретических выводов. «Мне желательно было показать, что науки давно уже умеют, как висячие мосты строить, опираясь на совокупность хорошо укреплённых тонких нитей, каждую из которых легко разорвать, общую же связь очень трудно, и этим способом стало возможным перебрасывать пути через пропасти, казавшиеся непроходимыми» [8, Т. 1: с. 7].

Интересно то, что более ста лет назад на стремление педагогов формировать у студентов исчерпывающие и самые современные теоретические знания Д.И. Менделеев высказывался отрицательно. Сознавая, что таких педагогов большинство, он их пренебрежительно называл «смотрящие на зады». Он писал: «Физическая невозможность узнать «все обо всем» до того проникает во все дело… образования, что нередко всезнание почитается признаком ограниченности и тех добрых желаний, которыми устилается современный ад отчаянья и сверхчеловечества» [9: с. 245].

Ученый был глубоко убежден в том, что при обучении следует выделять наиболее важные приоритеты. Главное, писал он, состоит в том, чтобы научить смотреть вперед. Под этим он подразумевал обучение познанию, а также выявление перспектив познания нового. Ученый сетовал на то, что таких преподавателей очень мало, и отмечал, что они крайне необходимы.

Д.И. Менделеев ратовал за обстоятельное, осознанное изучение предмета. Он много раз обращал внимание педагогов на проблему перегрузки содержания систем среднего и высшего образования. Учёный был категорически против высокой интенсивности обучения. Широко известна его крылатая фраза о том, что не следует «гасить огонь познания избытком топлива».

В учебном плане школ России химия, как обязательный предмет, появилась только после Октябрьской революции. Первые программы по химии были созданы П.П. Лебедевым и изданы в 1925 году. Учебный материал для этих программ отбирался, в первую очередь, исходя из практической значимости химии. Для семилетней школы автор руководствовался принципом «как можно меньше материала давать в догматической форме». Поэтому даже материал об атомно-молекулярном учении не вводится, как принято в настоящее время, в форме основных формулировок. Учащиеся знакомятся с атомными массами, которые выводятся из эквивалентов. В 8 классе сначала предполагается изучение газовых законов (Авогадро и Гей-Люссака), которые позволяют определять относительные молекулярные массы газов. В конце окончания 9 класса подводятся итоги изучения и дается исторический очерк об основных законах, вводится периодический закон, учащиеся получают представления о периодической системе элементов Д.И. Менделеева, о радиоактивности и распаде атома, о спектральном анализе, о химическом составе небесных светил, а также о единстве строения и состава Вселенной.

Интересно, что автор не торопится давать в школьном курсе представления о сложном строении атома, оставляя их на самый конец обучения. Преподавание, согласно Лебедеву, должно идти «от практики к теории». Сначала учащиеся выполняют практические работы исследовательским методом и лишь после этого изучают теоретические комментарии к ним.

Развитие в науке представлений о сложном строении атома требовало изменений в методике преподавания предмета. Изначально эти изменения были внесены в курсы химии высшей школы, и связаны они с именем академика Л.В. Писаржевского. «Мы должны знакомить учащихся с наукой в движении. Указывать, какие возникшие в старой атомной химии противоречия привели к превращению её в химию электронно-ионную, и указать, что и здесь уже возникают противоречия, толкая химию в современном её состоянии к дальнейшему развитию» [10: с. 7]. Из цитаты следует, что с атомистическими представлениями необходимо знакомить обязательно. Далее, по мере накопления фактологического материала, должны вскрываться явления, не поддающиеся объяснению с точки зрения атомистики и требующие поиска новых способов их объяснения. На смену атомистическим взглядам приходит электронно-ионная теория, которая требует развития химической символики и химического языка. При введении новых теорий требуется проверка их практикой. И вместе с тем надо показывать, что и новые теории не лишены противоречий, значение которых для развития науки весьма велико.

Создаваемый курс Л.В. Писаржевский и его соавтор М.А. Розенберг [10] разделили на две части: общую и специальную. Общая часть начинается с изучения физических и химических явлений, реакций соединения и разложения, представлений о простых и сложных веществах, элементах. Далее собраны сведения о кислороде, горении, оксидах кислотах и основаниях. Сведения о кислотах и основаниях позволяют разделить элементы на металлы и металлоиды. Затем изучается закон сохранения материи, реакции замещения и обмена. При этом освещается предмет изучения химии. Происходит знакомство с химическим языком и символикой. После этого рассматривается энергетическая сторона химических реакций. От изученного материала авторы переходят к строению атомов, сведения о которых подтверждаются фактами и сразу используются для объяснения химических явлений с электронной точки зрения. Далее изучаются способы определения относительных атомных и молекулярных масс и химических формул. На основе этих фактов рассматривается количественная сторона химических законов, формул и уравнений. Далее речь идёт о молекулярном и ионном строении веществ, полярных и неполярных молекулах. Эти знания дают возможность объяснить теорию электролитической диссоциации и ввести представления о химическом равновесии. В заключение общей части авторы показывают, как предсказывать свойства веществ на основе их строения, а также чем отличаются химические реакции от радиоактивных.

В специальной части идёт изучение элементов по группам периодической системы. При этом авторы не спешат с изучением периодического закона. Сначала рассматриваются водород, перекись водорода и озон. Далее щелочные металлы и галогены. Лишь после этого авторы считают накопленный фактологический материал достаточным для объяснения сущности явления периодичности. Изучение периодической системы элементов идёт постепенно: сначала на основе атомно-молекулярных представлений, затем на основе строения атома, квантовой теории и данных об изотопии. После рассмотрения сущности периодического закона идёт изучение элементов по группам.

Итак, в процессе создания школьного курса химии в 20–30-х годах методисты уделяли большое внимание изучению фактов. Теоретическими знаниями курс либо завершался, либо теории располагались в середине курса, с дальнейшим их применением и развитием. И в том и в другом случае теоретический материал вводился только после накопления достаточного количества фактов, требующих объяснения.

Идеи Л.В. Писаржевского нашли отражение и в построении курса химии средней школы благодаря В.Н. Верховскому, Л.М. Сморгонскому и Я.Л. Гольдфарбу. После периода проб и ошибок в 1936 году школьный курс химии приобретает определённость в содержании и основных методах преподавания. Например, не увенчалась успехом попытка раннего изучения предмета: учащиеся 6 класса не усваивали атомистику. В результате начало изучения предмета было перенесено на 7 класс. Были исключены качественный и количественный анализ, так как они перегружали курс и требовали хорошего материального оснащения школ.

Основным методом изучения веществ должен был стать эксперимент, так как именно он является основой химической науки. «Факт, живое непосредственное наблюдение должны стать отправной точкой знаний учащегося» [2: с. 6].

«Не всякая реакция, равенство которой мы напишем совершенно правильно на бумаге, может идти на самом деле. …Очень часто возможность течения реакции можно предвидеть. Но иногда ответ на вопрос — может ли идти данная реакция, даст только опыт. Чем больше мы знаем фактов и чем лучше мы приведём их в систему, тем больше мы можем предвидеть» [1: с. 20]. Стоит отметить, что В.Н. Верховский [1] предусматривает описание руководства к опытам непосредственно в параграфах, то есть именно там, где он считает необходимым подкрепление теории практикой. Содержание строится в историческом контексте, периодический закон, как тема, стоит в середине курса, после обобщения имеющихся фактологических знаний о простых и сложных веществах в их сходствах и различиях.

Содержание ещё одного учебника по химии для школы В.В. Левченко [5] также построено в лучших традициях, заложенных предшественниками. Начиная с атомно-молекулярного учения, автор использует историко-логический подход, от воззрений древнегреческих философов до работ Ломоносова и Дальтона. Однако автор не предусматривает изучение параллельно существовавших и переосмысленных позднее модельных представлений, например, Аристотеля.

Параграф «Установление химических формул» посвящён экспериментальному установлению соотношения элементов в соединениях. Далее вводится понятие о валентности. Основные теории — периодический закон, представления о строении атома, теория электролитической диссоциации вынесены ближе к концу курса.

В методике обучения химии с определённой периодичностью возникает дискуссия об обновлении содержания образования. В этой дискуссии можно выделить два аспекта. Первый — о необходимости изучения в школе достижений современной науки. Второй — о порядке их изучения. Иными словами,

что из современных химических знаний следует изучать в средней школе и как организовать процесс усвоения этих знаний?

Большую роль в обосновании необходимости и последовательности включения того или иного содержания в школьный курс химии внёс в 60-х годах XX столетия С.Г. Шаповаленко. Для успешного решения проблемы С.Г. Шаповаленко [11] считал необходимым руководствоваться в первую очередь логикой развития химической науки. Самым важным снова стал вопрос о месте изучения периодического закона. Пытаясь найти оптимальное методическое решение проблемы, С.Г. Шаповаленко рассматривает все возможные варианты, раскрывая их преимущества и недостатки.

Первый вариант — изучение периодического закона и строения атома в конце курса. Такое расположение материала даёт возможность систематизировать изученный ранее материал, перейти от накопленных фактов к теории. Однако этот методический подход к построению содержания не может быть оптимальным, по мнению С.Г. Шаповаленко, так как «не даёт прочного, сознательного усвоения знаний, приводит к резкому снижению мировоззренческого значения преподавания химии, оставляя учащихся по существу в кругу эмпирических фактов... Прочное, сознательное и действенное усвоение теории и фактов может быть достигнуто только в процессе многократного применения теоретических знаний при изучении фактов».

Второй вариант — курс химии начинается с изучения строения атомов, затем раскрывается сущность периодичности, и далее элементы изучаются по группам периодической системы. Эту точку зрения Шаповаленко подвергает особой критике, не видя в ней никаких преимуществ. «Как известно, дидактика требует, чтобы обучение было систематичным, последовательным и посильным, не допускало зубрёжки и обеспечивало приобретение учащимися осознанных, прочных, конкретных и действенных знаний. Все эти требования игнорируются данной точкой зрения. В самом деле, без периодического закона и понятия о периодической системе нельзя достигнуть понимания строения атомов, так как вся теория строения атомов опирается на периодическую систему… Но нельзя начинать и с периодического закона, так как без предварительного накопления материала, хотя бы о щелочных металлах и галогенах, которыми начинаются и заканчиваются периоды, а также без накопления сведений о формах водородных и кислородных соединений и их свойствах невозможно дать понятие о периодическом законе».

Третий вариант — периодический закон даётся дважды: до и после изучения элементов (и даже после изучения органической химии). Об этом варианте Шаповаленко пишет «Третья точка зрения несёт пороки первых двух и усугубляет их отсутствием какой-либо логики».

Четвёртый вариант — изучение периодического закона и строения атома в середине курса, что отражает логику развития химической науки. Изучение химии до периодического закона готовит учащихся к его усвоению. Во время изучения закона систематизируется ранее накопленный фактологический материал. Изучение химических элементов после периодического закона и строения атомов способствует осознанию необходимости применения теории

к объяснению фактов и «способствует повышению теоретического уровня изучения химии в доступной для учащихся мере».

Таким образом, Шаповаленко обосновал необходимость и порядок введения определённых элементов содержания в школьный курс. При этом он опирался на идеи Д.И. Менделеева.

Вопрос о включении того или иного содержания в учебный предмет в 70-е годы в методической литературе обсуждался Д.М. Кирюшкиным, В.С. Полосиным. «Количество объектов, подлежащих изучению при формировании понятия, должно быть необходимым и достаточным для выделения общих существенных признаков. Игнорирование этих требований логики приводит к формированию неправильных понятий. При недостатке объектов учащиеся могут отнести к общим существенным признакам и вариативные» [4: с. 12]. Авторы отмечают и особую роль исторических сведений в курсе химии. «Освещая важнейшие исторические ступени, по которым шествовала наука, преподаватель должен отметить современное её состояние как одну из ступеней и показать ориентировочно основные направления в развитии науки» [4: с. 19]. В культурно-историческом контексте рассмотрены такие теоретические представления, как атомно-молекулярная теория, представления о химической формуле, составе воздуха, законе сохранения массы веществ в процессе химической реакции. Большое внимание уделяется эксперименту, применению веществ, основанному на их свойствах, нахождению в природе. Отдельные параграфы посвящены роли учёных в становлении науки.

Основные идеи, составляющие традиции Российского химического образования, были успешно реализованы в конце 60-х годов в методических пособиях и учебниках Ю.В. Ходакова, которые в настоящее время признаются как классические.

Большое внимание Ю.В. Ходаков уделял формированию осознанных знаний. Он писал: «Весь учебный материал должен не просто осесть в памяти учащихся, как осадок в химической пробирке, но пройти через призму мышления учащихся» [12: с. 12].

При определении логики построения школьного курса химии Ходаков опирается на логику познания. Движение от явления к сущности первого порядка — это первая ведущая теория химии — химическая атомистика. Второй этап — химическая электроника, которая отражает переход от сущности первого порядка к сущности второго порядка. На границе двух этапов — периодический закон и периодическая система.

Классическим учебником по органической химии признан учебник Л.А. Цветкова [13]. Учебник начинается с теории строения органических соединений. Причём на первых страницах учащиеся узнают об особенностях органической химии и о необходимости разработки теории строения.

Теоретические знания учащихся постепенно углубляются по мере изучения классов органических веществ. Например, представления о кратных связях вводится при изучении непредельных углеводородов. Виды изомерии рассматриваются по мере того, как учащиеся сталкиваются с конкретными фактами при изучении классов органических соединений.

Содержание учебника Л.А. Цветкова тесно связано с жизнью и производством. Для более полного освещения связей химии с жизнью Л.А. Цветков совместно с Э.Е. Нифантьевым существенно переработали учебник.

Таким образом, традиции российского химического образования составляют следующие методические идеи:

1. При изучении химии широко используется эксперимент, основная роль которого — подтверждение истинности основных теоретических представлений.

2. Основные химические понятия и теоретические представления раскрываются в культурно-историческом контексте.

3. Курс химии строится на нескольких теоретических уровнях, позволяющих организовать постепенное осмысление учащимися сущности химических явлений.

4. Изучению теоретического материала предшествует ознакомление с фактами, лежащими в его основе.

5. Изучаемый теоретический материал используется в течение всего курса для объяснения, систематизации и предсказания химических явлений.

6. Содержание курса химии связывается с жизнью и производством.

7. Обучение строится с нормальной интенсивностью, позволяющей сформировать осознанные знания.

Литература

1. *Верховский В.Н.* Неорганическая химия. Учебник 8–10 класса средней школы. — М.–Л.: Учпедгиз, 1946.
2. *Верховский В.Н., Сморгонский Л.М, Гольдфарб Я.Л.* Методика преподавания химии. — М.–Л.: Учпедгиз, 1936.
3. *Кирюшкин Д.М.* Химия: Учебник для первого года обучения. — М.: Просвещение, 1968.
4. *Кирюшкин Д.М., Полосин В.С.* Методика обучения химии. — М.: Просвещение, 1969.
5. *Левченко В.В.* Химия. Учебник 8–10 классов средней школы. — М.: Учпедгиз, 1948.
6. *Ломоносов М.В.* Полное собрание сочинений. Т. 1. Труды по физике и химии 1738−1746 гг. — М.–Л.: АН СССР, 1950.
7. *Ломоносов М.В*. Полное собрание сочинений. Т. 2. Труды по физике и химии. 1747−1752 гг. — М.−Л.: АН СССР, 1951.
8. *Менделеев Д.И.* Основы химии. Т. 1–2. — М.−Л.: ГХИ, 1947.
9. *Менделеев Д.И.*Заветные мысли. Полное издание (впервые после 1905 г.). – М.: Мысль, 1995.
10. *Писаржевский Л.В,. Розенберг М.А.* Неорганическая химия. — Харьков−Киев.: Гос. научно-техническое издательство Украины, 1934.
11. *Шаповаленко С.Г*. Методика обучения в восьмилетней и средней школе. — М.−Л.: Учпедгиз, 1963.
12. *Ходаков Ю.В., Эпштейн А.Д., Глориозов А.П.* и др. Преподавание неорганической химии в средней школе. — М.: Просвещение, 1975.
13. *Цветков Л.А.* Органическая химия: Учебник для 10 класса. — М.: Просвещение, 1963.

С.В. Суматохин

Дифференциация содержания при профильном обучении

В последние годы большое значение приобретает профильное обучение, которое позволяет дифференцировать образовательный процесс за счет целенаправленных изменений его структуры, содержания и организации. Этим проблемам посвящена настоящая статья.

Введение в старших классах общеобразовательной школы профильного обучения является одним из важнейших направлений модернизации среднего (полного) общего образования. Совершенствование содержания образования путем его профилизации позитивно оценивается общественностью и служит важным этапом совершенствования системы общего образования в начале XXI века.

Профильное обучение позволяет дифференцировать образовательный процесс за счет целенаправленных изменений его структуры, содержания и организации. При этом создаются условия для индивидуализации обучения, более полно учитываются интересы, склонности и способности обучаемых. Для учащихся 10–11 классов профильное обучение открывает принципиально новые возможности получения образования в соответствии с их намерениями по продолжению образования, профессиональными интересами и выбором дальнейшего жизненного пути. Это означает, что профильное обучение направлено на реализацию личностно-ориентированного образовательного процесса. Оно расширяет возможности выстраивания каждым учащимся 10–11 классов индивидуальной образовательной траектории.

Профильное обучение направлено на достижение следующих целей:

1. Создание условий для значительной дифференциации содержания образования в старшей школе, с предоставлением учащимся 10–11 классов широких возможностей построения индивидуальных образовательных программ.

2. Предоставление разным группам обучающихся равного доступа к полноценному образованию в соответствии с их образовательными потребностями и индивидуальными склонностями.

3. Расширение возможностей углубленного изучения старшими школьниками отдельных учебных предметов.

4. Обеспечение преемственности между общим и профессиональным образованием и более эффективная подготовка выпускников средней (полной) общеобразовательной школы к поступлению в вузы и освоению образовательных программ высшего профессионального образования.

Важным средством реализации профильного обучения в старшей школе является дифференциация содержания образования. В психолого-педагогической литературе нет единого и общепринятого определения этого понятия.

5. Ю.К. Бабанский, М.А. Мельников, Н.М. Шахмаев и другие ученые рассматривают дифференциацию как организацию обучения с учетом типологических индивидуально-психологических особенностей учащихся и особой организации коммуникации учителя и учащихся.

6. Е.А. Бондаревская, О.Е. Лебедев, К.Н. Мешалкина, В.И. Панов, И.С. Якиманская считают, что главной функцией дифференциации является предоставление каждому обучаемому оптимальных условий для гармоничного развития на основе выбора программы образования и создания благоприятных условий в социальном окружении.

7. И.М. Чередов понимает под дифференциацией способ оптимального сочетания фронтальной, групповой и индивидуальной организации образовательного процесса.

8. С.И. Зубов, Л.Н. Калашникова, Т.П. Михиевич, А.А. Попова и другие исследователи связывают дифференциацию с такой организацией образовательного процесса, которая отличается вариативностью содержания, методов и интенсивности обучения.

9. Е.А. Певцова, И. Унт и другие ученые рассматривают дифференциацию как процесс, направленный на развитие способностей и интересов обучаемых, на выявление их творческих возможностей. При этом учебные планы и образовательные программы должны разделяться по разным направлениям научного познания и деятельности человека.

Методические аспекты дифференциации содержания образования раскрываются в работах Ю.И. Дика, В.М. Монахова, А.А. Кузнецова, М.В. Рыжакова и других ученых. Они рассматривают дифференциацию содержания образования как такую организацию и методику обучения, при которой каждый обучаемый, овладевая минимумом общеобразовательной подготовки, общезначимой и обеспечивающей адаптацию в постоянно изменяющихся жизненных условиях, получает право и гарантированную возможность уделять преимущественное внимание тем направлениям, которые в наибольшей степени отвечают его склонностям.

Концепцию дифференциации обучения сформулировали В.М. Монахов, В.А. Орлов и В.В. Фирсов [2]. Они исходят из того, что дифференциация является определяющим фактором демократизации и гуманизации системы образования. Основные цели дифференциации образования определяются этими учеными с трех сторон:

1. С психолого-педагогической стороны цель дифференциации состоит в индивидуализации обучения, основанной на создании оптимальных условий для выявления природных задатков, развития интересов и способностей каждого обучающегося. Индивидуализация обучения предполагает учет индивидуальных различий для лучшей реализации общих целей обучения и воспитание индивидуальности для противодействия нивелированию личности.

2. С социальной точки зрения цель дифференциации заключается в целенаправленном воздействии на формирование творческого, интеллектуального, профессионального потенциала российского общества. На современном этапе его развития это воздействие вызвано стремлением к наиболее полному и рациональному использованию возможностей каждого члена общества в его взаимоотношениях с социумом.

3. С дидактической стороны цель дифференциации предполагает решение назревших проблем школы путем создания новой методической системы

дифференцированного обучения школьников, основанной на принципиально иной мотивационной основе.

В психолого-педагогической, дидактической и методической литературе *выделяют два типа дифференциации содержания образования*: **уровневая** и **профильная**.

Уровневая дифференциация — это такая организация образовательного процесса, при которой учащиеся имеют возможность и право усваивать содержание образования на различных уровнях глубины и сложности. В «Концепции профильного обучения на старшей ступени общего образования»[1] предложен механизм профилизации содержания образования, построенный на идее двухуровневого (базового и профильного) федерального компонента государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования[2].

Каждый учебный предмет в учебном плане школы может быть представлен или выбран для изучения отдельным обучающимся на базовом или на профильном уровне. Выбирая различные сочетания базовых и профильных учебных предметов и учитывая необходимость обеспечения федерального компонента общего образования, каждая школа формирует собственный учебный план. Такая система позволяет каждой школе организовывать необходимые профили обучения, исходя из реальных возможностей и потребностей, а учащимся выбирать базовые, профильные и элективные учебные предметы.

Профильная дифференциация предполагает целенаправленную специализацию содержания образования на основе индивидуальных интересов и склонностей учащихся, с учетом их дальнейших жизненных планов и намерений.

Необходимость в реализации профильной дифференциации обусловлена тем, что стремительный рост объёма информации и постоянное расширение сферы человеческой деятельности делают невозможным усвоение информации в полном объёме каждым учащимся. Поэтому человеку необходимо специализироваться в определённой сфере. Это означает, что специализация обучающихся должна осуществляться уже в системе общего образования.

Цель профильной дифференциации содержания образования заключается в направленной специализации образования в области устойчивых интересов, склонностей и способностей учащихся 10–11 классов для их максимального развития в избранном направлении предстоящей профессиональной деятельности.

Профильная дифференциация предусматривает добровольный и осознанный выбор старшеклассниками направления специализации содержания с учетом их познавательных потребностей и способностей, а также достигнутого ими в основной школе уровня образовательной подготовки. Профильная дифференциация тесно связана с реализацией индивидуального подхода по отношению к отдельным группам обучающихся.

Важной особенностью профильной дифференциации содержания образования является то, что она играет большую роль в реализации личностно-ориентированной модели обучения. Такая модель направлена на развитие умственных способностей обучающихся на основе максимально возможно-

[1] Утверждена приказом Минобразования России от 18 июля 2002 г. № 2783.

[2] Утвержден приказом Минобразования России от 5 марта 2004 г. № 1089.

го учета и использования индивидуальных особенностей их познавательной деятельности и мышления. Для решения этой задачи можно использовать:

Выбор содержания образования соответствующего уровня, но не ниже базового, заданного федеральным компонентом государственного образовательного стандарта.

Обоснованное сочетание дифференциации и интеграции, разработку структуры учебной деятельности обучаемых, максимально развивающей их способности, мотивацию, устремления.

Освоение учащимися опыта деятельности разного типа (коммуникативный, когнитивный, трудовой, эстетический и др.) с учетом воздействия на все сферы личности: когнитивную, волевую, социально-психологическую, деятельностно-практическую.

Создание благоприятных условий в социальном окружении.

С организационной точки зрения реализация профильной дифференциации предполагает объединение учащихся в относительно стабильные группы. Образовательный процесс в этих группах осуществляется по программам, которые различаются содержанием и требованиям к уровню подготовки учащихся.

Одним из подходов в реализации профильной дифференциации содержания образования являются учебные предметы по основам наук, которые представлены в среднем (полном) общем образовании. Это «предметный» подход к профильной дифференциации содержания образования по предметным областям. Он уже получил широкое распространение в школьной практике разных регионов России.

Другим подходом к профильной дифференциации содержания образования является проектируемая профессия. Реализация этого подхода основана на объединении учащихся по интересу, склонности к какому-либо виду деятельности. При этом личностные интересы обеспечивают «мотивационный подход» к предстоящей учебно-профессиональной деятельности и составляют ценнейшую основу для реализации устойчивых профессиональных намерений.

Корреляция между учебными интересами учащихся и их профессиональными намерениями установлена в исследованиях психологов и социологов. На этапе профессионального самоопределения, который охватывает весь подростковый и значительную часть юношеского возраста, различные виды деятельности сортируются и оцениваются сначала с точки зрения интересов подростка, затем с точки зрения его способностей и, наконец, с точки зрения системы его ценностей [1].

Важнейшим фактором развития способностей учащихся является формирование у них устойчивых специальных интересов к определённой сфере человеческой деятельности. Эти интересы перерастают в устремления профессионально заниматься данным видом деятельности. Интерес и мотивация к занятию какой-либо учебной деятельностью тесно связаны с пробуждением определённых способностей к этой деятельности. Интерес и мотивация инициируют развитие способностей.

Анализ теории и практики профильной дифференциации содержания образования показывает следующее:

1. Профильная дифференциация содержания образования является эффективным средством повышения качества среднего (полного) общего образования, развития способностей, склонностей, интересов учащихся старших классов, активности их учебно-познавательной деятельности.

2. Профильное изучение учебных предметов в 10–11 классах, имеющее предпрофессиональный характер, обеспечивает достаточную подготовку выпускников средней (полной) школы к успешному продолжению образования. Такая подготовка рассматривается как одна из основных задач модернизации среднего (полного) общего образования;

3. Профильная дифференциация содержания образования для учащихся старших классов является средством самореализации, возможностью реально оценить свои познавательные способности, профессиональные намерения, наметить пути получения дальнейшего образования и профессионального самоопределения.

4. Основаниями для профильной дифференциации содержания образования являются основные предметные области знания и профессиональные намерения учащихся.

При организации профильного обучения на уровне федерального компонента государственного образовательного стандарта наиболее приемлемо использование преимущественно уровневой дифференциации. При этом профильность содержания достигается за счет возможности изучения учебных предметов на базовом и профильном уровнях.

Дальнейшее продвижение в дифференциации содержания образования достигается за счет введения элективных учебных предметов. Они являются средством профильной дифференциации содержания образования, так как в наибольшей степени связаны с выбором каждым учащимся содержания образования в зависимости от собственных интересов, познавательных способностей и жизненных планов.

Таким образом, при профильном обучении предлагается двухступенчатая организация дифференциации содержания образования на старшей ступени школы: уровневая (в рамках федерального компонента) и профильная (в рамках школьного компонента).

Литература

1. *Кон И.С.* Социология личности. — М., 1967.

2. *Монахов В.М., Орлов В.А., Фирсов В.В.* Проблема дифференциации обучения в средней школе. — М., 1990.

Ю.А. Соловьева

Результаты международной оценки естественнонаучной подготовки российских школьников

В статье показан опыт участия России в международных образовательных проектах по оценке качества образования. Одним из таких проектов является TIMSS. Дается анализ, что это за исследование, описаны особенности его проведения в России в 1995 году. Особое внимание уделено результатам исследования по естественнонаучному образованию российских школьников. Подчеркивается значение этого исследования для отечественной системы образования.

В исследованиях по сравнительной оценке общеобразовательной подготовки школьников, в рамках международных проектов, наша страна начала принимать участие с 1988 года (до 1991 года это были проекты, проводимые Американской службой педагогического тестирования ETS (Educational Testing Service), а с 1991 года по настоящее время — Международной ассоциацией по оценке учебных достижений IEA (International Association of Evaluation of Educational Achievements)). Это были такие проекты, как: международное исследование достижений в области образования — IAEP-II (1988–1991), международные исследования по оценке качества математического и естественнонаучного образования TIMSS (1995, 2003, 2007 гг) и TIMSS-R (1999), международное исследование по иностранным языкам LES (1995–1997), международные исследования по граждановедческому образованию CIVIC (1999, 2000), международное исследование по информационным технологиям в обучении — SITES (1999), международный проект «Изучение качества чтения и понимания текста» PIRLS (2001, 2006), программа международной оценки обучающихся — мониторинг знаний и умений в новом тысячелетии PISA (2000, 2003, 2006).

Координацией международных проектов на территории нашей страны занимались специалисты Центра оценки качества образования ИОСО РАО.

Пожалуй, один из самых важных международных проектов по оценке качества образования в мире в 90-х годах XX века, в котором Россия принимала участие как самостоятельная единица, — это международное исследование **TIMSS.** В ходе исследования анализировалось содержание школьного образования, оценивалась подготовка учащихся начальной (3–4 классы), основной (7–8 классы) и старшей школы (10–11 классы) по математике и естествознанию в различных странах мира. При этом стран-участниц данного проекта было 46, а выборка школ на территории нашей страны осуществлялась из 40 субъектов РФ [2].

К особенностям проведения данного международного исследования на территории нашей страны в конце XX века можно было отнести: непривычную форму проверки для большинства наших учащихся (выполнение 60 заданий за 90 мин, причём в 15–17 заданиях записать решение или объяснение полученного ответа), включение в одну работу заданий по математике и всем естественнонаучным предметам, наличие заданий на внепрограммный материал

из-за значительных различий в учебных программах для каждой из стран и др. Например, некоторые основные темы курсов физики, химии, биологии и географии российской школы вообще не были затронуты в проверке, так как этот материал не входил в программы других стран, а часть заданий включала вопросы, которым не уделялось внимание в школьных курсах естественнонаучных предметов, например, экологии, методам научного познания, и поэтому российские учащиеся не получили возможности продемонстрировать уровень усвоения значительного по объёму материала, который ими был изучен к моменту проведения тестирования. Однако результаты исследования позволили получить сравнительные данные о математической и естественнонаучной подготовке учащихся в различных странах на уровне требований международного теста. В этом то и заключается особая значимость данного исследования.

В 2003 году наблюдалось изменение состава и рост числа стран (до 52) и количества регионов России (до 63), принимавших участие в данном исследовании. В 2007 году планируется участие 63 стан и 58 субъектов РФ [2].

Кроме того, в соответствии с программой исследования и в 2003 году, и в 2007 году изучалась и планируется дальнейшее изучение математической и естественнонаучной подготовки только выпускников начальной школы и учащихся 8 классов, знания выпускников школ не анализируются.

Более подробно остановимся на анализе результатов 1995 и 2003 годов в области естествознания, показанных российскими учащимися основной школы.

Результаты тестирования учащихся 7 и 8 классов стран-участниц в 1995 году по естествознанию представлены в таблице 1, где для каждой страны даётся средний балл выполнения тестов по международной шкале.

Анализ данных этой таблицы приводит к выводу, что результаты выполнения теста по естествознанию российскими школьниками как 7, так и 8 класса соответствовали среди всех участвующих стран среднему уровню. Мы заняли 14 место среди школьников 7-ых классов и 21 место среди восьмиклассников.

Таблица 1

Результаты тестирования учащихся по естествознанию в 1995 году [3]

8 класс		7 класс	
Страна	**Средний балл**	**Страна**	**Средний балл**
Сингапур	607	Сингапур	545
Чешская Республика	574	Корея	535
Япония	571	Чешская Республика	533
Корея	565	Япония	531
Болгария[1]	565	***Болгария***	531
Нидерланды	560	***Словения***	530
Словения	560	Бельгия (фл.)	529
Австрия	558	***Австрия***	519
Венгрия	554	Венгрия	518
Англия	552	***Нидерланды***	517

[1] Страны, выделенные жирным шрифтом, не выполнили все требования к формированию представительной выборки учащихся.

8 класс		7 класс	
Страна	**Средний балл**	**Страна**	**Средний балл**
Бельгия (фл.)	550	Англия	512
Австралия	545	Словацкая Республика	510
Словацкая Республика	544	США	508
Российская Федерация	538	***Австралия***	504
Ирландия	538	***Германия***	499
Швеция	535	Канада	499
США	534	Гонконг	495
Германия	531	Ирландия	495
Канада	531	***Таиланд***	493
Норвегия	527	Швеция	488
Новая Зеландия	525	Российская Федерация	484
Таиланд	525	Швейцария	484
Израиль	524	Норвегия	483
Гонконг	522	Новая Зеландия	481
Швейцария	522	Испания	477
Шотландия	517	Шотландия	468
Испания	517	Исландия	462
Франция	498	***Румыния***	452
Греция	497	Франция	451
Исландия	494	***Греция***	449
Румыния	486	Бельгия (фр.)	442
Латвия	485	***Дания***	439
Португалия	480	Иран	436
Дания	478	Латвия	435
Литва	476	Португалия	428
Бельгия (фр.)	471	Кипр	420
Иран	470	Литва	403
Кипр	463	***Колумбия***	387
Кувейт	430	***Южная Африка***	317
Колумбия	441		
Южная Африка	326		

Лучшими среди семиклассников из 46 стран оказались учащиеся **Сингапура** (существенно обогнав все другие страны как среди семиклассников, так и восьмиклассников), **Чешской Республики, Японии, Кореи**, **Болгарии, Нидерландов**, **Словении, Австрии**, **Венгрии, Англии, Бельгии, Австралии, Словацкой Республики**. Среди учащихся 8-х классов опередили Россию такие страны, как **Сингапур**, **Корея, Чешская Республика, Япония, Болгария, Словения, Бельгия, Австрия, Венгрия, Нидерланды, Англия**, **Словацкая Республика,** США, **Австралия**[1], Германия, Канада, Гонконг, Ирландия, Таиланд, Швеция.

[1] Шрифтом выделены страны, школьники которых показали лучшие, чем Россия, результаты, как среди 7, так и 8 классов.

Согласно международным критериям (выделение трех уровней) качество естественнонаучной подготовки восьмиклассников России в 1995 году характеризуется следующими показателями: 11% достигли или превысили высокий уровень, подготовка 29% учащихся соответствует среднему уровню, а 56% учащихся — третьему, более низкому уровню. Следует отметить, что эти результаты значительно хуже, чем в странах-лидерах.

Таблица 2

Результаты тестирования учащихся 8 классов по естествознанию в 2003 г. [1]

Страна	Средний балл	Страна	Средний балл
Сингапур	578	Молдова	472
Тайвань	571	Румыния	470
Республика Корея	558	Сербия	468
Гонконг	556	Армения	461
Эстония	552	Иран	453
Япония	552	Македония	449
Венгрия	543	Кипр	441
Нидерланды	536	Бахрейн	438
США	527	Палестина	435
Австралия	527	Египет	421
Швеция	524	Индонезия	420
Словения	520	Чили	413
Новая Зеландия	520	Тунис	404
Литва	519	Саудовская Аравия	398
Словацкая Республика	517	Марокко	396
Бельгия	516	Ливан	393
Россия	514	Филиппины	377
Латвия	512	Ботсвана	365
Шотландия	512	Гана	255
Малайзия	510	ЮАР	244
Норвегия	494	Англия	544
Италия	491		
Израиль	488		
Болгария	479		
Иордания	475		
Средний балл	474		

Кроме этого, по естественнонаучному образованию российские школьники продемонстрировали более высокие знания фактографического материала, умения воспроизводить их и применять в знакомой ситуации и ниже умения интегрировать эти знания и применять их для объяснения явлений, происходящих в окружающем нас мире. Достаточно низкие результаты наших школьников по некоторым вопросам естествознания (физиологии человека, диетологии, общей биологии и экологии) объясняются отсутствием большинства этих вопросов в программах основной школы. Это указывает на необходимость учета мирового опыта более широкого и раннего ознакомления учащихся с данными разделами естествознания. Очевидна необходимость

усиления практической направленности изучения вопросов естествознания и их интеграции.

А что же в 2003 году? На первый взгляд, картина неплохая: результаты учащихся 8 классов превысили средний международный балл; наша страна вошла в первую двадцатку лучших стран, заняв 17 место; около 70% российских восьмиклассников продемонстрировали средние и более высокие уровни естественнонаучной подготовки, выделенные в исследовании [1].

Однако произошло снижение средних результатов выполнения международных тестов российскими восьмиклассниками. Так, например, в 2003 году средний балл по естествознанию составил только 514 баллов, а в 1995 году — 538 (в 8 классах). При этом снижение средних показателей произошло вследствие некоторого снижения уровня естественнонаучной подготовки в целом, а не за счет резкого снижения уровня усвоения каких-либо конкретных вопросов содержания.

Следует отметить, что, в отличие от России, ряд стран — Республика Корея, Гонконг, США, Литва, Латвия и некоторые другие страны — за период с 1995 по 2003 год значительно улучшили свои результаты по естествознанию.

Кроме этого, российские школьники значительно уступают своим сверстникам из лидирующих стран по числу учащихся, показавших самые высокие результаты. Так, процент учащихся 8 класса, выполнивших международный тест по естествознанию на самом высоком уровне, в России составляет 6%, в то время как в лидирующих странах таких учащихся 17–33%.

Исследование 2003 года показало, что 70% российских учащихся 8 класса способны узнавать и воспроизводить основные научные знания, применять знания в знакомых ситуациях; давать краткие ответы на поставленные вопросы, обладают простейшими навыками работы с информацией и др. Из них 32% демонстрируют также концептуальное понимание некоторых природных циклов и систем, научных принципов, способны решать несложные задачи, проводить простейшие исследования, устанавливать причинно-следственные связи и др., а 6% владеют, кроме того, более сложными абстрактными понятиями, применяют знание основных законов и принципов для решения задач и др. В то же время 23% учащихся обладают только некоторыми базовыми знаниями и способны их применить в простейших практических ситуациях, а 7% учащихся не владеют и этими знаниями [2].

Анализ результатов выполнения заданий по отдельным разделам естествознания показывает, что самые высокие результаты российские восьмиклассники показали при выполнении заданий по химии, а самые низкие — при выполнении заданий по экологии. С учетом особенностей структуры и содержания международного теста такой результат не оказывается неожиданным. Вместе с тем, выпускники начальной школы одинаково успешно справились с заданиями, относящимися к разным областям естествознания, несмотря на то, что не все эти области одинаково представлены в программах начальной школы. В целом, итоги исследования показали, что с заданиями различной сложности, типичными для практики работы российской школы,

учащиеся справляются вполне удовлетворительно. Более низкие результаты они показали при выполнении заданий, связанных с использованием внепрограммного материала, или заданий, выполнение которых требует привлечения таких умений, формированию которых в российской школе уделяется недостаточное внимание, в частности, по математике — при выполнении практических заданий, в которых представлена ситуация, близкая к реальной, по естествознанию — при выполнении заданий, в которых требовалось спланировать исследование, выдвинуть гипотезу, дать интерпретацию данным, представленным в различной форме (в виде таблиц, диаграмм и графиков).

В то же время по естествознанию по ряду внепрограммных заданий российские учащиеся продемонстрировали очень хорошие результаты. Это свидетельствует как об информированности российских школьников, так и об их значительном интеллектуальном потенциале.

Участие России в исследовании TIMSS позволило получить России сравнительные данные о математической и естественнонаучной подготовке школьников, о системах образования участвовавших в исследовании стран, сравнить содержание математического и естественнонаучного образования и образовательных стандартов в России с требованиями к образовательной подготовке учащихся, предъявляемыми в различных странах. Участие специалистов Центра оценки качества образования ИОСО РАО в разработке методики сравнительной оценки подготовки школьников, используемой в исследовании TIMSS, способствовало овладению российскими специалистами методикой проведения массовых обследований, соответствующей последним достижениям в этой области. Участие нашей страны в данном исследовании позволило также получить информацию о системе образования в России.

Литература

1. Основные результаты международного исследования качества математического и естественнонаучного образования TIMSS-2003. — М., 2004.

2. Официальный сайт Центра оценки качества образования. — http://www.centeroko.ru

3. IEA Third International Mathematics and Science Study (TIMSS 1994–1995).

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Г.Н. Усков

Визуализация и образование: углублённое восприятие

Повышение качества образования происходит за счёт многочисленных методов (рейтинговая система оценки знаний, введение общеевропейских стандартов и др.). В настоящей статье рассматриваются проблемы использования IT для повышения качества знаний на примере Стерео-системы Виртуальной Реальности «SimTex».

Качество образования — это широкое, многогранное понятие. Попробуем выделить основные признаки, характеризующие качество знаний.

1. Качество — это объём знаний (можно измерять в Терабайтах).

2. Качество — это глубина знаний (развитие специализации и углубленное изучение предмета).

3. Качество — это решение задач (развитие навыков решения сложных задач, алгоритмы).

4. Качество — это память (короткая и длинная память; срок, который учащийся помнит материал).

5. Качество — это творчество и новые открытия (новый взгляд на предметную область).

6. Качество — это новые способности (принципиально новые способности человека, например, пространственное мышление).

Применение новых IT-средств повышает как качество знаний, так и модернизирует весь учебный процесс, но внедрение высоких технологий — это более сложный процесс, который имеет высокий приоритет в образовании. При внедрении новых технологий необходимо понять и использовать именно новые возможности образования, связанные с данной технологией. Так надо переходить от формулы «тоже, но только лучше» к формуле «раньше мы не могли этого сделать, а теперь сделаем».

Цели применения новых IT-средств:

1. Создать сообщество профессионалов в области технологий визуализации, используя потенциал и возможности единственного в России «Выставочного центра виртуальной реальности».

2. Выделить одной из приоритетных задач — задачу внедрения новейших технологий визуализации в образовательные процессы нового поколения.

3. Определить технологии визуализации, которые возможно эффективно применять для образовательного процесса.

4. Разработать общий план мероприятий по внедрению и использованию данных технологий в образовании.

Ниже приведена схема внедрения новых технологий в образовательный процесс, который имеет свои специфические особенности (нормативные требования, утверждённый методический материал, большую базу разработанных учебных материалов, различие в подготовке преподавателей и учеников в разных регионах РФ и др.) (рис. 1).

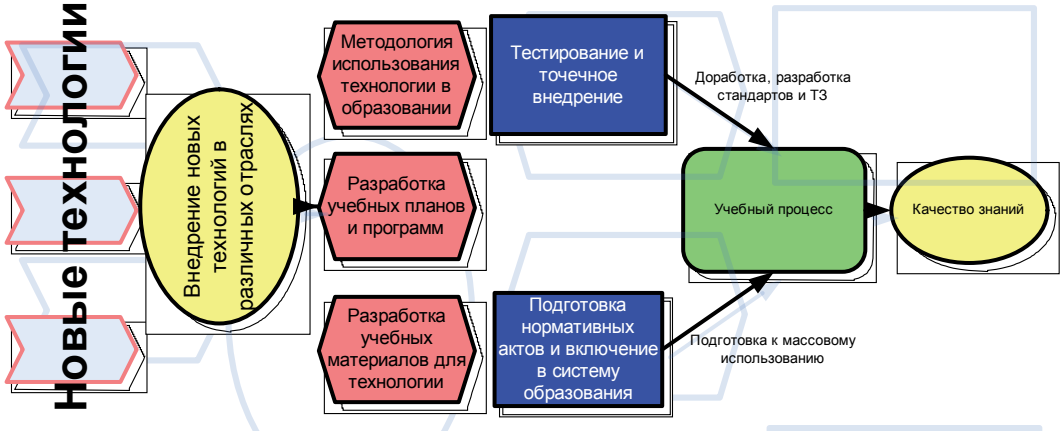

Рис. 1.

Рассмотрим возможности значительного улучшения учебного процесса, а вместе с тем и качества знаний, на примере использования стерео-систем виртуальной реальности компании «СИМТеХ». Это новейшая технология, которая стала доступна для пользователей только в последние годы. Преимущества технологии заключаются в том, что человек видит объекты на экране трёхмерными, объёмными, такими, как он их видит в реальной жизни, без искажений. Технология имеет и другие преимущества.

Так как современное технологическое развитие стремительно и оно превосходит самые смелые ожидания, то не побоюсь утверждать, что трёхмерные, объёмные изображения станут общепризнанным стандартом уже через несколько лет. Поэтому считаю необходимым активную разработку применения данных технологий в учебном процессе, что позволит подготовиться к массовому внедрению технологии в образовании.

ВР — это (по версии сайта Глоссарий.ру, http://glossary.ru) высокоразвитая форма компьютерного моделирования, которая позволяет пользователю погрузиться в искусственный мир и непосредственно действовать в нем с помощью специальных устройств, связывающих его движения с аудиовизуальными эффектами. Проще говоря, работая с системой ВР, пользователь видит, слышит и ощущает лишь то, что генерирует ему система.

Виртуальной реальностью принято называть системы, которые обладают вполне определёнными характеристиками:

– **Моделирование в реальном времени.** Система ВР должна выдавать пользователю «картинку», звук, а также имитации других ощущений, если

таковые предусмотрены, в ответ на совершаемые действия моментально, без заметных задержек.

— **Реалистичная имитация окружающей пользователя обстановки.** Это требование достаточно условно, поскольку на современном этапе развития техники добиться идентичности виртуального окружения реальному невозможно — изъяны «цифровой вселенной» заметны, что называется, невооруженным глазом.

— **Интерактивность.** В «виртуальной вселенной» пользователь не должен быть исключительно пассивным наблюдателем.

Исходя из сказанного выше, под виртуальной реальностью мы будем понимать искусственный, не существующий в природе мир, в который человек может полностью «погрузиться» не только как наблюдатель, но и как участник. Системы ВР — это технические устройства, создающие для человека иллюзию присутствия в этом искусственном мире и позволяющие ему манипулировать объектами этого мира.

Если раньше технологии не позволяли «творить чудеса» с изображениями, то под виртуальной реальностью подразумевалась ЛЮБАЯ компьютерная графика. Теперь же с каждым годом возможности растут, и мы сталкиваемся с новыми вызовами ежедневно.

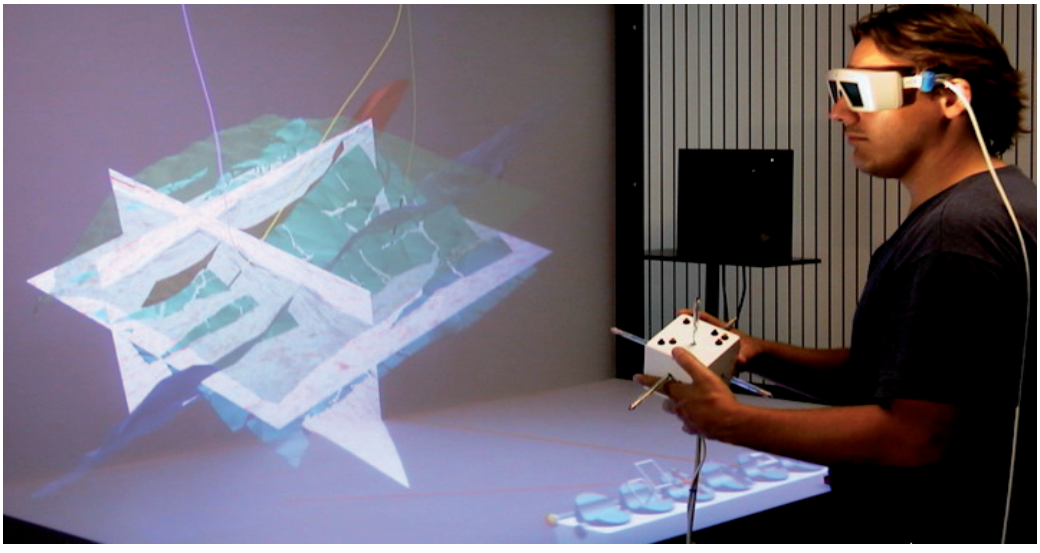

Рис. 2.

Так, Голливуд уже давно использует компьютерные миры для своих высокобюджетных фильмов, телевидение активно использует виртуальные студии и 3D-модели, игры становятся на грани реальности. То есть технологию двигают РАЗВЛЕЧЕНИЯ! (рис. 2).

Однако почему все эти новейшие возможности не применяются в консервативных отраслях деятельности? Что может привнести их активное использование? Почему в современном мире Голливуд по уровню научного прогресса опережает ведущие университеты?

Перспективы развития ВР в образовании (в широком смысле технологий образования, а не в узком смысле проведения уроков):

Улучшение усвоения материала. Этот тезис самый прозрачный. Понятно, что 90% восприятия у человека происходит через его зрение. Мы можем более доходчиво показывать материал, можем сделать его более ярким, красочным и интересным, чтобы ученики не заставляли себя учить уроки, а погружались в их изучение, как в игру.

Интерактивность. Простая возможность, которая мало используется в современных учебных планах. Хотя для ученика принципиальным является самому прикоснуться к предмету изучения. Это позволяет достичь большей концентрации внимания учеников.

Раскрытие сложных тем и показ сложных структур и процессов. Например, мы можем понятно изложить сложнейшие геологические и географические процессы, показать сложные химические соединения, отобразить сложные объекты из стереометрии

Повышение качества преподавания. Технология позволяет глубже погрузиться в материал, тем самым улучшить концентрацию учеников на материале. Зрелищность и доходчивость позволяют повысить посещаемость и успеваемость.

Новые методические возможности. Стереоизображения позволяют увидеть трехмерные объекты и структуры (для стереометрии и географии, для физики и химии, для большинства курсов в вузах), но стереоизображения позволяют не только доходчивее показать объект или процесс, но и показать более сложную модель (не куб, а октаэдр, например), показать весь процесс целиком на одном экране! Новые технологии треккинга позволяют реагировать на движения ученика, тем самым давая обратную связь с моделью, что даже не изучает современная методология. Мы уже не говорим о тактильных и прочих ощущениях, когда можно ощутить вес атома. Интерактивные доски уже применяются в образовании России, но пока не используются их уникальные возможности.

*Развитие новых способностей у учеников***.** Вопрос сложный. Приведем один пример. У человека обычно более развито одно из полушарий мозга. Но когда ученик смотрит стереоскопическое изображение, у него работают оба полушария мозга одновременно, что приводит к лучшему их развитию. Немаловажно, что технология позволит развить у учеников желание заниматься наукой.

Обучение учеников перспективным технологиям. Вызов современного общества — это владение новыми технологиями. При устройстве на работу, для досуга, при обучении человеку уже необходимо знание новейших технологий. Если раньше сотруднику было необходимо знать MS Word, а MS Excel считался уже сложной программой, то теперь времена меняются. Именно поэтому навыки и знания работы с большим количеством программ закладываются в процессе образования. И основными из них становятся технологии визуали-

зации. Также ученики смогут развивать свои творческие способности, создавать свои собственные виртуальные миры.

*Развитие навыков применения новых технологий у учеников***.** Данный тезис не рассматривают современные методики. Для успешного развития в современном обществе ученик должен эффективно применять новые технологии и программные продукты для повседневных задач. Так, например, он должен уметь сделать эффектную презентацию по рабочим задачам. Этот навык быстро развивается в рамках заданий и лабораторных работ при разработке приложений по визуализации, когда ученик сам придумывает, какую модель ему интересно сделать, а тем более потом разместить в Интернете.

Использование новых технологий образования для изменения подходов к образовательному процессу. Технологии дают большие возможности. Вопрос не в том, что их сложно правильно использовать, а в том, что мы не умеем их правильно использовать. Необходимо развивать дистанционное интерактивное обучение, дистанционное погружение в модели через Интернет, виртуальные занятия (напр., в среде SecondLife), видеоконференции и т.д.

Внедрение мобильных технологий в образовательный процесс. Мобильный Интернет через два года будет превосходить web по трафику, а возможности визуализации и ВР на карманном компьютере будут эквивалентны современным компьютерам. Давайте задумаемся об этом.

Создание системы образования следующего поколения в РФ. В условиях кризиса консервативной системы образования старого света и тестовой системы образования США возникла особенная необходимость во внедрении новых принципов образования. В России при ежегодной смене подходов к системе образования наиболее востребованы новые технологии образования. Выход находится в удачном совмещении фундаментальной научно-образовательной школы с новейшими методиками образования, подкреплёнными новыми технологиями. Именно в области образования Россия может создать первый в мире технопарк и стать технологическим лидером.

Развлечение и отдых учеников. Ученики будут проводить досуг не в развлекательных центрах, а в школе с товарищами. При этом возможно совместить образовательные возможности и развлечения (например, развивающие, логические и стратегические игры, познавательные виртуальные путешествия по миру и др.)

*Привлечение родителей к учебному процессу***.** В каждом из нас живет ребенок. И если дети будут заниматься интересным, новым и красочным направлением, родители с удовольствием присоединяться к ним.

Развитие системы образования автоматически приведет к развитию преподавательского составам и росту популярности профессии.

Сложности развития и внедрения технологий виртуальной реальности в российское образование:

1. *Недостаточное финансирование***.** Жаль, но в современном мире мы ставим эту проблему на первое место. Однако тенденции современного образования в России дают некоторые перспективы. Национальный образователь-

ный проект уже позволил преодолеть технический развал в школах, а развитие технической базы вузов ускорилось после десятилетнего застоя. РЕШЕНИЕ: оптимизация вложений в образование и более эффективное их использование в рамках новых технологий образования.

2. *Отсутствие других ресурсов***.** Отсутствие помещений, коммуникаций, сообществ и т.д.

3. *Отсутствие методических материалов и даже идей по использованию новых технологий.*

4. *Отсутствие тестовых и экспериментальных зон (школ, ВУЗов), где можно провести тестирование и «отладку» новых технологий.*

5. *Кадровый вопрос.*

6. *Разрыв в уровне между крупными городами и сельской местностью.*

7. *Отсутствие единого образовательного процесса (от учебных занятий до интеграции общения и результатов в Интернете и мобильных телефонах).*

8. *Консервативность руководства всех уровней (так как многие из них сами не владеют азами современных компьютерных технологий).*

Для внедрения технологий Виртуальной Реальности в российское образование необходимо:

1. Разработать подходы по быстрому внедрению новых технологий в учебный процесс — как вызов времени.

2. Структурировать учебные программы, массовое использование возможностей новых технологий при разработке учебных планов и методик.

3. Создать единое сообщество для всех участников процесса применения высоких технологий в образовании (образовательных учреждений, методических институтов, государственных органов образования, российских и западных технологических компаний, инвесторов и специалистов).

4. Создать единое информационное пространство по использованию высоких технологий в образовании (например, создание социальной сети).

5. Направить часть образовательного бюджета на разработку и реализацию программ создания новой образовательной системы и внедрению новых технологий образования, с целью достижения мирового лидерства в технологиях образования.

6. Привлечь западный передовой опыт, включиться в международное образовательное пространство.

7. Проводить массовые мероприятия по продвижению новых технологий образования. Разработка PR-стратегии для образования.

8. Инвестиции в НИОКР по технологиям визуализации.

9. Преодолеть разрыв между индивидуальным информационным уровнем человека и образовательной средой (непрерывный доступ через мобильные устройства, интеграция в Интернет).

Компания «СИМТеХ» совместно с *Институтом Физико-Технической Информатики* являются лидерами в России по разработке и внедрению современных систем виртуальной реальности (VR) и систем трёхмерных

стереоизображений. Обладая обширной научно-исследовательской базой, в партнерстве с *Московским физико-техническим институтом* (государственным университетом, г. Долгопрудный Московской обл., Россия) компания «СИМТеХ» далеко продвинулась в применении VR в науке, образовании и развлечениях.

Основным направлением деятельности компании «СИМТеХ» является построение крупных систем трёхмерной визуализации для научных, образовательных и коммерческих структур, а также разработка специализированных приложений в различных сферах деятельности.

Мы сотрудничаем с крупнейшими международными институтами, такими как *Фраунгоферовский институт медиакоммуникаций* (Fraunhofer-Gesellschaft — Institut fur Medienkommunikation), г. Санкт-Августин, Германия; *Наньянгский технологический университет* (Nanyang Technological University), Сингапур, и др.

Мы надеемся, что новые технологии и визуализация будут успешно внедряться в учебных учреждениях и мы сможем внести вклад в развитие образования в России.

ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

С.Н. Абдульмянов

Геотопы юго-востока Горного Алтая

Горные территории России нуждаются в изучении и в подробном описании геотопов, паспортизации, составлении подробных общероссийских и региональных информационных баз данных, иллюстрированных электронных каталогов. Популяризация и свободный доступ к ним обеспечат участие и внимание со стороны научных и педагогических коллективов, горных туристов, местного населения и общественности. В качестве примера работ по изучению и популяризации геотопов рассмотрим опыт Германии и Монголии.

Опыт исследования и паспортизации геотопов предальпийских плато по программе «Bayerns schönste Geotope» Баварского геологического ведомства (Bayerisches Geologisches Landesamt) заслуживает пристального внимания, так как на относительно небольшой горной территории выделена, изучена и обработана информация о 2 700 природных (большей частью геологических) объектах, процессах и явлениях. Разумеется, адекватный бюджет, поддержка населения, сроки изучения территории имели огромное значение. Собранная за длительный период наблюдений информация надлежащим образом систематизирована, адаптирована, оформлена, опубликована и доступна для студентов, школьников, специалистов и общественности [14, 17, 18].

Изучение и популяризация геотопов в Монголии связано с развитием туризма, когда в начале 90-х годов в страну хлынул поток туристов, не ослабевающий на сегодняшний день. Огромное количество и разнообразие геотопов Монголии, скромный бюджет предопределили и действия, вовремя предпринятые по составлению необходимых общих и краеведческих справочных карт для организации туризма в удалённых, труднодоступных и малонаселённых районах страны [15]. Кроме того, сегодня страна стоит на пороге создания туристической полиции, выполнение функциональных задач которой облегчит, с одной стороны, пребывание иностранных туристов в стране, а с другой стороны, упростит решение некоторых практических и формальных вопросов. Это обеспечит необходимый выборочный и профессиональный контроль за действиями туристов и контактирующего с ними населения. Недостаток средств и геологической изученности отдельных территорий страны компенсировался оказанной коренным населением поддержкой и традиционными для страны буддийскими и отчасти шаманскими (традиционными языческими представлениями) верованиями. Из таких традиций надо упомянуть регулярное и регламентированное поклонение живописным местам, принятое

в буддизме, и традиционное трепетное отношение монголов к «святым местам», посетить которые в течение года (или всей жизни) обязан каждый истинно верующий, для того чтобы получить благополучие на весь год или в последующей жизни. Сегодня многие выдающиеся геотопы обозначаются на изданных картах просто как живописные места (Picturesque place), состояние которых, согласно религиозным традициям, курирует население близлежащих административных единиц-сомонов [15]. Конечно, это не означает полного отсутствия проблем и спорных вопросов в природоохранной политике, но это проблемы роста, которые испытывает Монголия, привлекая большое число «гостей», громадная, разнообразная и уникальная территория расположенного рядом государства.

Примеры Германии и Монголии обозначают и разные подходы к изучению геотопов и необходимой охране ярких географических особенностей территории. Назрела необходимость масштабного изучения в познавательных и образовательных целях геотопов горных территорий России. Одним из таких горных регионов Евразии является Алтай.

В пределах России находится лишь небольшая часть всего Алтая [13, 14], известная под названием Русский Алтай. Он расположен на северной оконечности Большого Алтая (в пределах российской территории находится часть системы высоких субпараллельных диагональных и субширотных хребтов). Территория Республики Горный Алтай практически полностью соответствует понятию Русский Алтай, лишь часть предгорий находится в Алтайском крае.

Рассматриваемая в статье горная территория занимает юго-восток Русского Алтая и характеризуется наибольшей контрастностью природной среды и большим ландшафтным разнообразием.

В качестве полигона для исследований выбраны территория и геотопы Кош-Агачского административного района. Многие из них известны среди специалистов геологов, географов, геоморфологов, преподавателей, ведущих полевые практики по географическим дисциплинам, и горных туристов [4].

Описание и характеристика выделяемых и изученных геотопов включает: географическое положение, координаты, высоты, природные особенности, изученность, сохранность, значимость (ранг), информацию о петрологии, минералогии, геохимических процессах и др. [4, 14, 17, 18]. Это позволило геотопы данной территории объединить в несколько групп [1: с. 426–429] с краткой характеристикой и иллюстрациями. Для изучения последних можно предложить три разных методических подхода, позволяющих их использовать в учебном процессе и популяризации географических знаний.

1. Сквозной, или линейный подход, когда геотопы рассматриваются в определённом порядке в пределах взаимосвязанных географических объектов.

Пример, Софийский ледник, динамично меняющийся за период измерений формы рельефа, выработанные ледником — троговая долина р. Ак-Коль, характерные водно-ледниковые отложения р. Чаган-Узун.

2. Тематический, или дисциплинарный подход, связанный с рассмотрением типичных геотопов, расположенных в различных местах, но способных

по мере подачи подготовленного иллюстративного материала охватить весь спектр изучаемых научной дисциплиной вопросов. Пример, геотопы и классификация мерзлотных форм рельефа горных стран.

3. Проблемный подход, связанный скорее с интуитивно воспринимаемой зрительной информацией и в большой степени зависящей от уровня профессиональной подготовки аудитории. Выразительные и интригующие изображения объектов природы способны удивить и позже заинтересовать, вовлекая учащихся в изучение через чувственное, интуитивное восприятие образов.

Сочетания цветов на фотоснимке, особенности композиции, зрительные образы и ассоциации, «картинки-загадки» и специальный подбор «пакета иллюстраций» способны раскрыть сущность изучаемого вопроса и облегчить усвоение учебного материала. Конечно, к любой зрительной информации по геологии или физической географии обязательны научные комментарии, картографическая составляющая и, это важно, универсальная доступная форма подачи материала.

Это направление «науки в картинках» давно и успешно эксплуатируется зарубежной школой и фотографами, специализирующимися на профессиональной фотографии (Stock Photography) объектов природы [19]. Интерес авторов, таким образом, вызывают: современный учебный процесс, учащиеся и относительно новое направление в образовании — дистанционное обучение, для которого необходимы огромные, доступные информационные массивы данных, в том числе и изображений.

Следует отметить, что, несмотря на большой собранный объём материала полевых исследований, этому аспекту уделяется недостаточное внимание в отечественной географии и геологии. Сегодня, как нам кажется, география теряет свою аудиторию и привлекательность, в том числе и по этой причине. Современные особенности изучения, популяризации научных знаний и образовательного процесса предъявляют единые требования к работам, созданным по результатам полевых исследований, особое место уделяя универсальности и оперативным способам подачи учебного материала.

Ниже кратко охарактеризуем выдающиеся особенности юго-востока Горного Алтая и приведём изображения наиболее известных геотопов.

Естественные обнажения горных пород[1]

Важнейшие события геологической истории, процессы формирования горных пород и отложений, современного облика территории можно проиллюстрировать данными классической геологической съёмки. Обнажения (или разрезы), показывающие формирование и геологическое строение территории как фрагмента шовной (спрединговой) зоны, в пределах которой была поглощена кора Палеоазиатского океанического бассейна [10: с. 110–119], существование теплого морского водоёма и осадконакопления, оледенения, ледоёмы межгорных котловин и последствия их катастрофической разгрузки.

[1] Все фотографии объектов в статье представлены автором и являются частью интернет-проекта «Алтай. Разноцветный август».

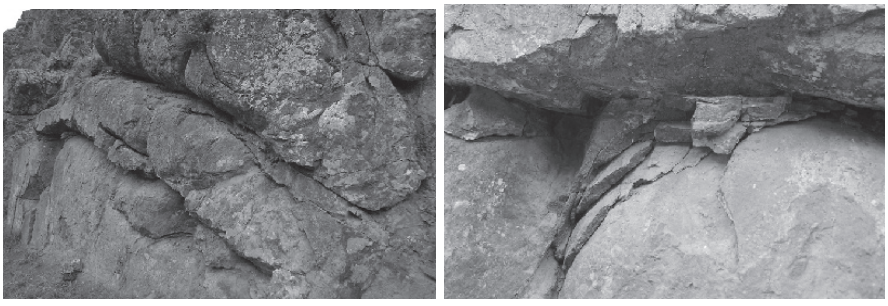

Рис. 1. Естественное обнажение пиллоу-лав, девонского возраста, в верхнем течении р. Аккайя (левый приток р. Чаган-Узун). Объекты учебного маршрута. 2006 год.

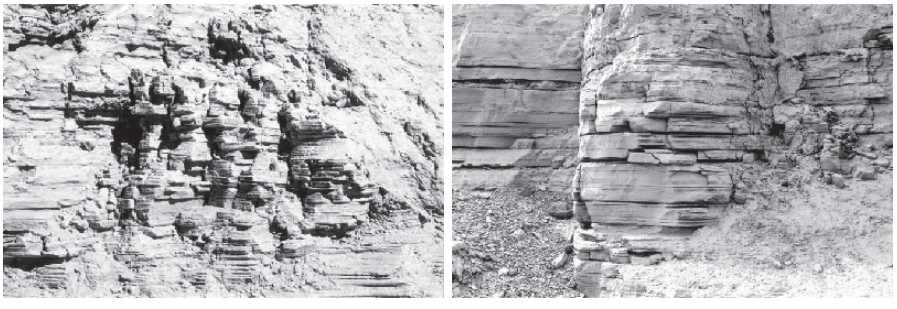

Рис. 2. Естественное обнажение «ленточных глин» в средней части долины р. Чаган-Узун. Сланцеватая, плитчатая структура глинистых пород (озерных водно-ледниковых отложений). Объекты учебного маршрута. 2003.

Процессы минералообразования и характерные минералы

Для района характерен широчайший диапазон условий и процессов минералообразования, отразившийся на разнообразии горных пород и полезных ископаемых. Среди геотопов этого типа выделены зрелищные обнажения биогенного происхождения — строматолитовые постройки бассейна р. Чаган-Узун [8].

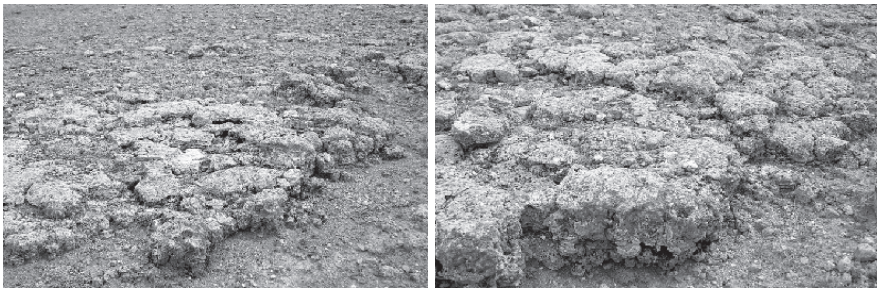

Рис. 3. Строматолитовый «риф» на периферии Чуйской межгорной котловины, свидетельство существования палеоводоёма. «Крыша рифа». Объекты учебного маршрута. 2007 год.

Рис. 4. Крупный план. Внешний вид отдельной строматолитовой постройки. Объекты учебного маршрута. 2007 год.

Проявление процессов физического выветривания

Высокий контраст природных условий юго-востока Алтая приводит к интенсивному протеканию процессов физического выветривания, а процессы химического и биологического разрушения в таких условиях идут менее интенсивно. Особенно зрелищно выглядят легко разрушающиеся горные породы, разрушенные эрозией склоны, а также искусственные сооружения и строения.

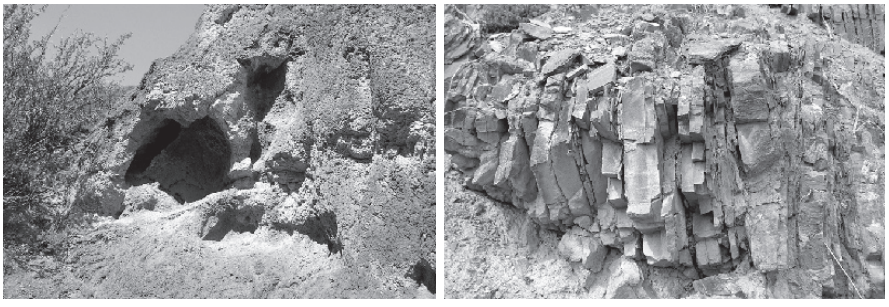

Рис. 5. Сильно выветрелые, «красноцветные» алевролиты, девонского возраста, указывающие на существование теплого морского водоёма (и характерного осадконакопления), склоны долин р. Аккайя, р. Тыдтуярык. Объекты учебного маршрута. 2002 год.

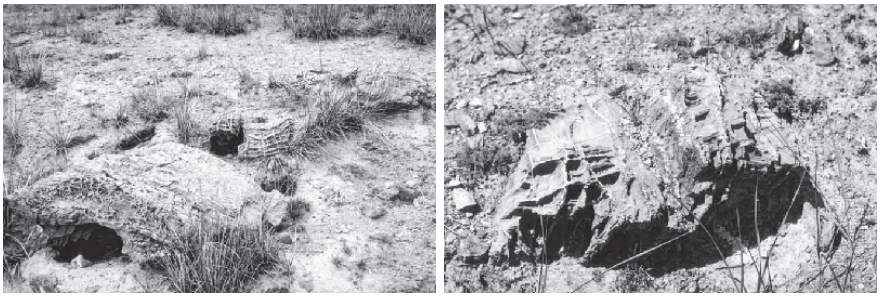

Рис. 6. Сильно выветрелые девонские сланцы. Крупный план, избирательная интенсивная эрозия хлорит-слюдяного сланца, кварцевые жилы разрушились в меньшей степени, долина р. Уландрык. 2002 год.

Проявления современных эндогенных процессов

Для данного района Алтае-Саянской горной страны характерны геологические события и новейшие сейсмогенные дислокации [10]. Примеры геотопов такого рода — многочисленные географические объекты, возникшие после Алтайского (Чуйского) землетрясения 27–28.09.2003 года.

Рис. 7. Сейсмооползень на правом склоне долины р. Талдуры, приток р. Чаган-Узун (местное название Арка-Узюк). Оползневые террасы с сохранившимися живыми лиственницами. Объекты учебного маршрута. 2004 год.

Рис. 8. Формы микрорельефа оползневого блока: стенка отрыва, миниатюрные водоёмы, каньоны внутри сейсмооползня. Объекты учебного маршрута. 2004 год

Динамика процессов денудации и аккумуляции

Горные районы отличаются высокой энергией и скоростью протекания экзогенных процессов [9]. Типичный альпийский рельеф возрождённых гор, унаследованный рельеф, влияние мощнейших Q оледенений видно на примере находящихся здесь современных ледниковых комплексов (узлов). Характерные вторичные (частные) склоны, возникшие в результате расчленения гор: ледниковые, мерзлотные, флювиальные, гляциально-флювиальные склоны и формы их микрорельефа также могут быть географически значимыми объектами.

Рис. 9. Общий вид троговой долины р. Ак-Коль, нижние части склонов северо-восточной экспозиции (Южно-Чуйский хребет, Софийский ледниковый комплекс). Объекты учебного маршрута. 2001–2006 год.

Рис. 10. Троговая долина р. Ак-Коль. Миниатюрный сель, следы бывшего положения Софийского ледника (уступы) на склонах северо-восточной экспозиции. 2006 год.

Рис. 11. Древний Q-оползень и обширный конус выноса р. Кускункур (левый приток р. Талдуры). Объекты учебного маршрута. 2004 год.

Рис. 12. Скалы-останцы периферии Чуйской межгорной котловины по склонам р. Уландрык и р. Б. Шибеты. 2002 год.

Гляциальные, флювиогляциальные и мерзлотные процессы в горных странах

Специфические процессы и формы рельефа гляциальной, перигляциальной зоны, мерзлотный рельеф склонов и днищ котловин проявляются на территории Юго-востока Алтая наиболее ярко. Кроме того, здесь расположены водно-ледниковые формы рельефа и отложения ледоёмов межгорных котловин и катастрофических плейстоценовых суперпаводков (дилювиальных потоков) [5]. Такие формы могут быть геотопами, имеющими образовательное значение.

Рис. 13. Формы микрорельефа ледниковой поверхности — ледник Софийский. Кора таяния, обнажившийся подледниковый туннель. Объекты учебного маршрута. 2001, 2006 годы.

Рис. 14. Мерзлотные формы микрорельефа днища Чуйской и Бертекской котловины, Полигональные грунты, мерзлотные трещины, «структурный грунт». 2005, 2007 годы.

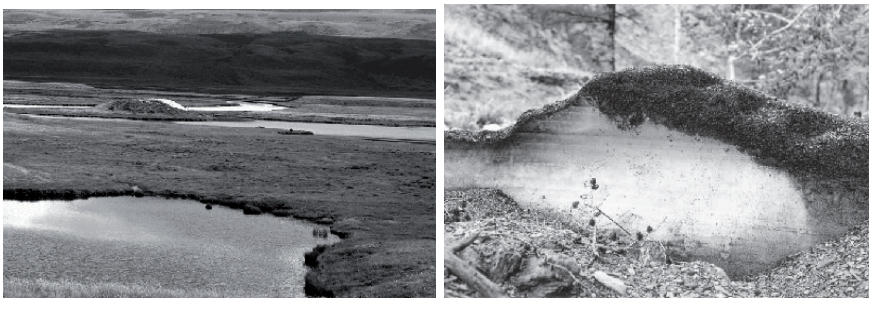

Рис. 15. Мерзлотные формы микрорельефа днища Чуйской и Бертекской котловины. Разномасштабные бугры пучения в долинах р. Кызыл-Чон и р. Ак-Алаха. 2007, 2004 годы.

Огромное значение имеют чётко поставленные перед специалистами задачи, финансовые средства, менталитет местного населения, его отношение к географическим объектам и исследованию территории. Результатом этих слагаемых могут быть прекрасные учебники, сохранённые природоохранные традиции и качественное образование.

Литература

1. *Абдульмянов С.Н., Халатов В.Ю.* Геологические достопримечательности горных стран // Прикладные вопросы географии и геологии горных областей Альпийско-Гималайского пояса. — Ереван: Изд-во ЕГУ, 2007.
2. *Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И.* Физическая география СССР. — М., Высшая школа 1987.
3. *Голубчиков Ю.Н.* География горных и полярных стран. — М.: Изд-во МГУ, 1996.
4. *Карпунин А.М., Мамонов С.В., Мироненко О.А. и др.* Геологические памятники природы России. — М.: Изд-во ЛОРИЕН, 1998.
5. *Рудский В.В.* Природопользование в горных странах (на примере Алтая и Саян). — Новосибирск: Наука, 2000.
6. *Рудой А.Н., Лысенкова З.В., Рудский В.В.* Укок (прошлое, настоящее, будущее). — Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2000.
7. *Чернов Г.А., Вдовин В.В., Окишев П.А.* Рельеф Алтае-Саянской горной области. — Новосибирск: Наука; Сибирское отделение, 1988.
8. Четырехъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Под ред. А.И. Спиридонова. — М.: Советская энциклопедия, 1980.
9. *Щукин И.С.* Общая геоморфология: В 3-х тт. Т. 2. — М.: Изд-во МГУ, 1964.
10. *Достовалова М.С.* Развитие сейсмодислокаций в эпицентральной зоне Алтайского землетрясения // Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия: Материалы научно-практической конференции. — Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2004.
11. *Ядамсурэнгийн Тумэннаст.* Сухбаатар аймаг. Сэтгуулчийн гэрэл зургийн дуранд. BCI. Co. 2005.

Картографический материал

12. Республика Алтай, Административная карта Республики Алтай. — М. 1:500 000. — М.: Роскартография, 1998.
13. Республика Алтай. Кош-Агачский район, общегеографическая карта. — М. 1:200 000. ПО Инженерная геодезия. — Новосибирск: Роскартография, 1996.
14. Geologische karte des Rieses. GLA. 1: 50 000. — München, 2005.
15. *Tserebat E., Badbold D., Batkhurel D., Tumennast Ya., Uuriyntua Ch.* Travel map Sukhbaatat province, aimag. — M 1: 850 000. PM Co., Ltd. 2007.

Информационные продукты в виде сайта или вышедшие на CD-ROM/DVD

16. http://geo.metodist.ru/altai — «Алтай. Разноцветный август».
17. Geologie des Rieses. GLA. CD-ROM. 1999.
18. Bayerisches Geologisches Landesamt. — http://www.geotope.bayern.de; http://www.lfv.bayern.de
19. Stock photo base. — http://www.fotosearch.de

М.И. Подболотова

От теоретического осмысления научных идей к практической реализации

Географический факультет одним из приоритетных стратегических направлений своего развития видит в поддержке творчески работающих молодых ученых, привносящих свежие научные идеи, расширяющих поле научных интересов кафедр. Сейчас на факультете обучаются порядка двадцати аспирантов по нескольким специальностям. Успех каждого из них — это успех факультета в целом, более того — это качественные, позитивные сдвиги в развитии науки.

Так, совсем недавно состоялась защита кандидатской диссертации аспирантки С.А. Микитенко по весьма актуальной научно-методической проблематике на тему «Методика применения интерактивных аудиовизуальных средств обучения на уроках географии. 6 класс» (специальность 13.00.02 — теория и методика обучения и воспитания (география, уровень общего образования). Работа выполнена в ГОУ ВПО Московском городском педагогическом университете на географическом факультете по кафедре физической географии и геоэкологии. Научное руководство данным исследованием осуществляла доктор педагогических наук, профессор Ирина Ивановна Баринова.

Проблема использования компьютерных технологий по праву относится к числу наиболее сложных в практике работы учителя географии. Одна из причин этого положения — овладение навыками использования компьютерных технологий во многих случаях объективно труднее для учителей, чем для учеников, и от учителя здесь требуется продуманная и целенаправленная методическая работа. Отсутствие в методике обучения географии четких принципов построения и организации учебно-воспитательной работы с помощью компьютера и значимость успешного овладения школьниками соответствующей возрасту системы географических знаний определило *актуальность данного* диссертационного исследования.

Цель исследования заключалась в разработке методической модели применения интерактивных аудиовизуальных средств обучения (ИАСО) при изучении курса географии в 6 классе.

Гипотеза исследования предполагала следующее*:* методика применения интерактивных аудиовизуальных средств обучения в процессе обучения географии 6 класса будет эффективна, если:

1. разработана методическая модель организации процесса обучения географии в 6 классе на основе применения интерактивных аудиовизуальных средств;

2. средств обучения, обеспечивающая их систематическое и последовательное использование и учитывающая уровень овладения компьютером как учителя, так и ученика;
3. разработана классификация интерактивных аудиовизуальных средств обучения на основе их функциональных свойств и по способу учебной деятельности учащихся, позволяющая осуществлять их подбор к конкретному уроку, исходя из его целей и задач;
4. обучение географии в 6 классе будет организовано на основе современных технологий обучения, позволяющих придать учебной деятельности учащегося последовательность, самостоятельность и творческо-поисковый характер.

Научная новизна данного исследования состоит в том, что автором:

1. проведены анализ и оценка имеющихся в настоящий момент подходов к применению интерактивных аудиовизуальных средств обучения и их возможностей в процессе обучения географии;
2. разработана методическая модель построения процесса обучения географии в 6 классе на основе применения интерактивных аудиовизуальных средств;
3. предложена классификация современных интерактивных аудиовизуальных средств обучения, в основу которой положены обучающие свойства носителей интерактивной аудиовизуальной информации.

Теоретическая значимость проведённого исследования состоит в развитии теоретических основ географического образования, связанных с формированием системы понятий курса, учебных умений и навыков на основе интерактивного обучения. Выявлены идеи, положенные в основу разработки методической модели построения процесса обучения географии в 6 классе с применением интерактивных аудиовизуальных средств. Обоснованы целевой, содержательный, процессуальный, технологический, результативно-оценочный компоненты. Выделены методические условия эффективного применения ИАСО в процессе обучения географии: логика построения урока; методы обучения; конкретные методические приёмы предъявления информации; системность использования ИАСО; наличие необходимых электронных изданий (интерактивные аудиовизуальные пособия) и умение отбирать их, исходя из целей и задач обучения.

Особо следует выделить и *практическую значимость* исследования, заключающуюся в разработке и реализации в практике общеобразовательной школы методики построения процесса обучения географии в 6 классе на основе применения интерактивных аудиовизуальных средств; создании, апробировании и внедрении электронной версии уроков географии по основным темам начального курса географии. Материалы исследования, без сомнения, могут быть успешно использованы в практике преподавания школьной географии и в методической подготовке студентов педагогических вузов.

Таким образом, предлагаемая автором методическая модель применения интерактивных аудиовизуальных средств подразумевает ее рассмотрение

как целостной системы, характеризуемой организацией ее структурных компонентов, находящихся во взаимосвязи и развитии. Все компоненты несут определённую рабочую нагрузку и ориентируют на развитие деятельного подхода, приобщающего учеников к самостоятельному добыванию знаний, формированию элементов географической культуры, мышления, творчества и опыта эмоционально-ценностного отношения к миру.

Еще одним, немаловажным, результатом данной работы, на наш взгляд, является и то, что в силу своей актуальности и своевременности она, несомненно, позволит учителю-практику разнообразить и интенсифицировать собственный методический инструментарий, а учащимся овладеть суммой практических навыков, необходимых для исследовательской деятельности в условиях информатизации образования, и будет способствовать формированию устойчивой мотивации к получению географических знаний.

В.В. Ломакин,
Е.М. Ломакина

Дорога, которую мы выбрали. Или история одной семьи, выпускников географического факультета

Мы — это Катя и Владимир Ломакины, выпускники геофака МГПУ, а сейчас аспиранты нашего университета, муж и жена, учителя географии и экологии ГОУ СОШ № 1430 и родители двух сыновей (6 и 2 лет).

Дорога, которую мы выбрали, это педагогическая профессия, это любовь к детям и проявления этой любви — воспитание и образование.

Выбрали эту дорогу мы не случайно, но по-разному, несмотря на то, что пример для подражания и источник вдохновения у нас один — Катина мама. Она, учитель биологии и географии, вела экологический кружок, который посещали почти все ученики школы, в том числе и Володя, и ее дочь Катя. Мама водила своих воспитанников в походы, ездила в научные экспедиции. Первый раз вместе мы были в экспедиции на Байкале, когда Кате было 12, а Володе 6 лет, где описывали заболевания пихтового леса на территории Байкальского заповедника.

С детских лет Катя мечтала быть учителем. Учила кукол, затем брата и сестру, потом целую ватагу ребятишек на даче, чтобы за долгие летние каникулы не забыли школьную программу, да еще и что-то узнали новое. Подросла и стала ходить в мамин экологический кружок, смотрела, как она рассказывает, объясняет, воспитывает, и утвердилась в своей мечте — стать учителем, как мама. Окончила педагогический колледж № 5, получив специальность — учитель начальных классов и английского языка, а на последнем курсе ее пригласили вести природоведение в 5 классе. До сих пор с благодарностью вспоминаю учащихся тех пятых классов, их интересные вопросы, которые порой ставили Катю в тупик (из-за недостатка знаний!), восторженный интерес ко всему, что она рассказывала, все это привело к тому, что, поступив на 4-ый курс факультета начальных классов МГПУ, Катя поступала еще и на географический, сделав свой окончательный выбор. И никогда не пожалела о своем выборе, получив знания по самой интересной и всеобъемлющей науке о природе.

Колледж вооружил Катю знаниями по психологии и педагогике, методическими приёмами и формами работы с учащимися, а университет — системой знаний о нашей планете Земля. Обучаясь на последнем курсе в МГПУ, я, рассказывает Катя, приняла участие и заняла первое место в конкурсе «Учи-

тель года» в номинации «Педагогический дебют», где получила незабываемые впечатления и интересный опыт.

Володя же учителем быть не мечтал, но когда ему было 16 лет, родился его младший брат, с которым он по-настоящему нянчился. А когда брат немного подрос — до пяти лет, то стал брать его с собой в школьные научные экспедиции, и все удивлялись его чуткости и заботе о брате. В походы и экспедиции наша мама всегда брала помощника, чаще всего мужчину. Настало и Володино время — в 21 год он стал бессменным помощником всех выездов кружка. И опять удивлял своей заботой и ответственностью, но учителем еще быть не стремился. Поступив после школы на экономический факультет — бросил, не окончив первого курса почувствовал, что это не его. И пребывал в поиске… А к 1999 году решился поступать на географический факультет, его учительница и здесь помогла — готовила Володю к поступлению, и я, глядя на них и присутствуя на этих занятиях, тоже решила попробовать. Так мы и стали студентами географического факультета МГПУ. Учиться было сложно, но нам очень помогали — и педагоги, и наши родители (я даже не брала академический отпуск), и помогают до сих пор! Вообще, мы счастливые люди, потому что на нашем пути нам повстречались замечательные люди — наш декан Валентина Тимофеевна Дмитриева, все наши педагоги, мы всем им сердечно благодарны, ибо без них мы не выбрали бы ЭТУ ДОРОГУ, где у нас все получается и все нравится!

Работать учителем Володя пошёл, учась на втором курсе университета, в ГОУ СОШ № 214 Северо-Восточного округа Москвы, затем туда же пришла работать и я. Работаем там и по сей день (правда, статус и номер школы сменились с сентября 2007 года).

В настоящее время, кроме уроков, мы проводим в нашей школе методические эксперименты, разрабатываем и проводим эколого-географические игры для учащихся школы и округа, работаем над различными проектами, результаты которых представляем на научных конференциях, конкурсах и публикациях. Володя читает лекции по методике преподавания экологии на курсах повышения квалификации учителей. Третий год в школе работает эколого-краеведческий кружок, ходим с ребятами в походы и научные экспедиции.

Если у человека есть любимая работа, которая приносит удовлетворение, способствует непрестанному самосовершенствованию, а при этом еще замечательная семья и двое детей, — большего, кажется, и не надо. Но есть и материальная сторона нашей жизни, и нам, молодой семье педагогов, было тяжело без отдельной квартиры, о которой даже и не мечтали. Но мы и подумать не могли, что, когда нашему младшему сыну исполнится полгода, мы уже будем жить в своей квартире! В первый год работы по окончании института профсоюзный комитет образования СВАО собрал всех молодых специалистов округа и объявил о начале действия программы по обеспечению жильем молодых учителей, и в сентябре 2006 года мы получили отдельную 2-х комнатную квартиру.

Молодые учителя первые три года работы после окончания института называются молодыми специалистами. Это — очень открытые, любящие детей

учителя, желающие изменить весь мир и уверенные, что именно учитель, как представитель наиважнейшей для общества профессии, в силах это сделать.

Те, кто не видел себя в роли поводыря человеческих душ, учась в университете, тот и не идет в школу, а многие из тех, кто мечтал об этом и шел к исполнению своей мечты с детства, уходят из профессии, разочаровавшись. Почему так? Вот как мы это видим.

На наш взгляд, первая причина — недопонимание студентами места и роли психолого-педагогических дисциплин при обучении в педагогическом вузе. Первоочередное внимание, время, углубленное изучение — все это традиционно отдаётся приобретению специальных знаний, а педагогика, психология, методика отходят на второй план и теряют значимость, что приводит в дальнейшем к неумению научить, непониманию детской психологии, трудностям в общении в системе «учитель – ученик». Откорректировать эту беду многих молодых специалистов можно при условии заинтересованности администрации и опытных учителей школы в молодых, творческих учителях, которых, кстати, как показывает опыт, очень любят дети. Поможет и своевременный совет и разрешение пользоваться накопленным дидактическим материалом, помощь в подготовке уроков да и просто доброжелательное и терпеливое отношение. Но в действительности, сплошь да рядом, мы видим примеры, когда молодого учителя кидают на произвол судьбы, издалека наблюдая, справится или нет. Большинство — не справляется. Ведь кроме учебного процесса и учащихся, которые «испытывают на прочность», ежедневной подготовки к урокам, молодые учителя сталкиваются с проблемой оформления различной документации, к которой они оказываются совершенно не готовы. Как правильно оформить журнал — главный финансовый документ, тематическое, поурочное планирование, отчет о проделанной работе, другие документы (если учитель является еще и классным руководителем), к какому числу и кому их сдать? Все это часто приводит молодого специалиста к мысли о том, что он находится не на своем месте, к стрессам, депрессии и, наконец, нежеланию что-либо делать. Нам видится, что администрация может в письменном виде чётко и конкретно изложить свои требования молодому учителю (некая развёрнутая должностная инструкция), что облегчило бы работу и тем и другим и помогло бы избежать неприятных и конфликтных ситуаций.

На курсах и мастер-классах молодых учителей знакомят с последними достижениями методики и педагогики, инновациями и возможностями новейших технических средств в учебном процессе. Но администрация, в первую очередь, обеспечивает всем этим давно работающих, опытных учителей, несмотря на просьбы молодых специалистов. Не доверяют?!

Не секрет также, что молодым учителям не выделяют отдельных кабинетов, при составлении расписания не всегда учитывают их пожелания, скептически относятся к инициативам проведения мероприятий и походов, и другое, что молодому человеку, полному радужных надежд и не лишенному самоуверенности, кажется обидным и не стоящим преодоления. Но многие молодые учителя все же остаются — из-за сияющих глаз и доверчивых сердец своих

новоиспеченных учеников, из-за уверенности в правильности выбранного пути, дороги.

Рис. 1. Катя и Володя Ломакины в экспедиции со школьниками в Крыму. (Слева крайний Володя, а справа в первом ряду крайняя — Катя)

Все, о чем написано выше, — не только наш личный опыт, а опыт наших очень одарённых однокурсников, подающих большие надежды учителей, которые, к сожалению, собираются уходить из школы по окончании этого учебного года. По нашему мнению, школа многое потеряет, поэтому и решились все это озвучить. Эти проблемы не новы, думаем, и 10, и 20 лет назад молодые учителя сталкивались с подобными проблемами, но они есть, а возможностей в современном мире для людей с высшим педагогическим образованием все больше, а хороших молодых учителей не хватает…

В заключение хотели ли бы отметить, что самое главное в нашей педагогической профессии — любовь к детям, а дети — наше «зеркало» и наше будущее. И мы стараемся и будем стараться сделать наше будущее чуточку лучше!

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

Седьмая межвузовская научно-практическая конференция «Учитель XXI века»

На географическом факультете МГПУ 7–8 декабря 2007 года прошла ставшая уже традиционной ежегодная VII межвузовская научно-практическая конференция «Учитель XXI века».

Эта конференция стала логическим продолжением предыдущих конференций, на которых рассматривались вопросы содержания географического образования в школе и вузах; теоретические аспекты географического образования; содержательные, смысловые, методологические, мировоззренческие параллели проблематики географии и устойчивого развития; профильного обучения и многие другие. Конференция этого года называлась «Качество знаний студентов: содержание, организация, контроль»

В работе конференции приняли участие преподаватели, аспиранты, студенты МГПУ, МПГУ, МГУ, МГОУ, РУДН, ГУ-ВШУ, МГГУ им. М. Шолохова, МИОО, ТГПУ им. Л.Н. Толстого, председатель Ассоциации учителей России, ученые РАО, РАН, РАСХН, редакторы профессиональных издательств и журналов, директора и завучи школ, методисты округов, учителя, аспиранты, студенты и старшеклассники школ Москвы.

Участники конференции в докладах, выступлениях и в ходе дискуссии отметили актуальность выбранной тематики в период перехода на двухуровневое высшее образование в России, в условиях роли образования в быстроменяющемся, глобализующемся мире.

Обсуждение по теме конференции убедительно показало многомерность самого понятия «качество образования», которое следует рассматривать с позиций системного подхода и с учетом всех его составляющих, построенных на принципах принятия и выполнения современных требований к образованию: использование современных информационных технологий; осуществление мониторинга образовательного процесса; ориентация на потребителя образовательных услуг; активное взаимодействие органов власти, представителей бизнеса, интересы которых находятся в образовании; компетентность, мобильность, открытость, динамичность и непрерывность самой образовательной среды; и, наконец, учет и использование международного опыта и стандартов с целью повышения конкурентоспособности российского выпускника.

В ходе работы конференции прозвучали:

1. Конструктивная критика содержания и организации современного географического образования.

2. Предложения по разработке компетентностно-ориентированных измерителей по географии.

3. Предложения по четкому определению профессиональных компетенций будущего учителя как одного из показателей качества образования.

4. Технологические аспекты возможности использования компьютерных технологий для оценки уровня подготовки студентов.

5. Необходимость модернизации УМК профильных дисциплин для повышения качества знаний студентов.

6. Перспективы и проблемы внедрения высоких информационных технологий в отечественное образовательное поле как фактора качества образования.

Конференция констатировала:

1. Необходимость инновационных разработок в структуре, содержании, критериях качества знаний в условиях двухуровневого высшего географического образования.

2. Важность реализации в стандартах и учебных планах географических факультетов идей устойчивого развития; адаптации современной географии к новым социальным и политическим условиям; к формированию личности студентов, обладающих ответственной гражданской позицией, имеющих комплексное представление о Земле как планете людей, умеющих принимать экологически грамотные решения.

3. Необходимость профессионального обсуждения географического и геоэкологического аспектов Национальной доктрины образования для устойчивого развития России на предмет разработки образовательных программ и стандартов школьного и вузовского географического образования.

Конференция предложила:

1. Осуществить научно-педагогические исследования по созданию критериев качества географических знаний студентов с использованием компетентностного подхода применительно к двухуровневому образованию (обучению).

2. В целях разработки научно-методических основ формирования высокого качества знаний студентов о современной географии модернизировать программы учебных курсов, отразить актуальные вопросы географии в тематиках дипломных и диссертационных исследований.

3. Признавая образование наиважнейшей сферой социальной жизни общества и рассматривая качество образования как систему, формирующую уровень его интеллектуального, культурного и духовного состояния, при осуществлении образовательной деятельности ориентироваться на следующие его показатели: профессиональное качество преподавательского состава; качество учебно-методических комплексов (учебных программ, пособий и т.д.); качество знаний обучаемых; достижения обучаемых и конкурентоспособность выпускников; инновационная активность всех участников конкретного образовательного поля (руководителей, преподавателей, обучаемых); состояние материально-технической базы.

4. Информировать географическую и научно-педагогическую общественность о решении конференции.

В.Т. Дмитриева

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Основные публикации преподавателей географического и химико-биологического факультетов ГОУ ВПО МГПУ

Географический факультет

Сборники научных трудов и материалы научных конференций

1. Вестник МГПУ. Географический выпуск. № 2 (9).— М.: МГПУ, 2005.
2. Учитель XXI века: Профильное обучение и перспективы школьной географии: Материалы пятой межвузовской научно-практической конференции. (Москва, 25–26 ноября 2005 года) / Отв. ред. В.Т. Дмитриева. — М.: ГОУ МГПУ, 2006.
3. Учитель XXI века: Содержание географического образования: Материалы шестой межвузовской научно-практической конференции. (Москва, 24–25 ноября 2006 года) / Отв. ред. В.Т. Дмитриева. — М.: ГОУ МГПУ, 2007.
4. Бубнов В.А. Логические функции трёхзначной логики // Информационные технологии в предметной области. Вып. II / Под общ. ред. Н.П. Пищулина. — М.: МГПУ, 2004. — (Сер. «Мастер-класс»).

Монографии

5. Белобров В.П., Замотаев И.В. Почвогрунты и зеленые газоны спортивных и технических сооружений. — М.: «ГЕОС» , 2007.
6. Кузнецова Г.Ю. (в соавторстве). Новый Уренгой на пути устойчивого развития. — М.: Екатеринбург, 2005.
7. Лопатников Д.Л. Экологические перспективы постиндустриального пространства. — М.: ABF, 2006.
8. Майнашева Г.М. Экология черноземов под культурой риса. — М.: МГПУ, 2007.
9. Овечкин С.В. (в соавторстве). Ресурсный потенциал земель Краснодарского края для возделывания плодовых культур. — Краснодар, 2005.
10. Симагин Ю.А. Посёлки городского типа России. — М.: ИСЭПН, 2006.
11. Шульгина О.В. Историческая география России XX века: Социально-политические аспекты. — М.: МГПУ, 2003.

Учебные пособия с грифом УМО по специальностям педагогического образования или грифом Министерства образования

12. Белобров В.П. Замотаев И.В., Овечкин С.В. География почв с основами почвоведения: Учебное пособие. — М.: Академия, 2004.

13. Кузнецова Г.Ю. (в соавторстве: А.И. Алексеев, С.Г. Болысов). География 6 класс: Учебное пособие. — М.: Просвещение, 2006.
14. Лопатников Д.Л. География туризма: Учебник / Под ред. А.Ю. Александровой (Раздел 5.3. «Экологизация туризма»). — М.: КНОРУС, 2007.
15. Лопатников Д.Л. Экономическая география и регионалистика: Учебное пособие. 2-е изд. — М.: Гардарики, 2007.
16. Симагин Ю.А. Территориальная организация населения и хозяйства: Учебное пособие. — М.: КНОРУС, 2006.
17. Симагин Ю.А. Территориальная организация населения: Учебное пособие. 4-е изд., испр. и доп. — М.: Дашков и К, 2007.
18. Фадеева Е.О. Курообразные: Энциклопедия для детей. Т. 2. Биология. 6-е изд., испр. — М.: Мир энциклопедий Аванта+, Астрель, 2007.
19. Фадеева Е.О. Живущие во льдах: Энциклопедия для детей. Т. 2. Биология. 6-е изд., исправл. — М.: Мир энциклопедий Аванта+, Астрель, 2007.
20. Фадеева Е.О. Пингвины: Энциклопедия для детей. Т. 2. Биология. 6-е изд., испр. — М.: Мир энциклопедий Аванта+, Астрель, 2007.
21. Шульгина О.В. Картография с основами топографии: Словарь-справочник, учебное пособие. — М.: «Жизнь и мысль», 2001.

Химико-биологический факультет

Монографии, изданные за 2005–2007 годы

1. Арутюнов В.С., Стрекова Л.Н. Ступени эволюции. Эволюционная концепция природы и цивилизации. — М.: Наука, 2006.
2. Резанов А.Г. Кормовое поведение Motacilla alba L. 1758 (Aves, Passeriformes, Motacillidae): экологический, географический и эволюционные аспекты. — М., 2004.

Учебники, изданные в 2006 году с грифом Министерства образования и науки РФ

3. Минченков Е.Е., Журин А.А., Оржековский П.А. Химия: 10-й класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. — М.: Московский учебник; Смоленск: «Ассоциация XXI век».
4. Минченков Е.Е., Журин А.А., Оржековский П.А. Химия: 11-й класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. — Смоленск: «Ассоциация XXI век».
5. Минченков Е.Е., Журин А.А., Оржековский П.А. Химия: 11-й класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. — М.: Московский учебник; Смоленск: «Ассоциация XXI век».

Учебники, изданные в 2007 году с грифом Министерства образования и науки РФ

6. Пасечник В.В., Суматохин С.В., Калинова Г.С. Биология. 6-й класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. — М.: Просвещение. (в печати).

7. Оржековский П.А., Мещерякова Л.М., Понтак Л.С. Химия. 9-й класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. — М.: АСТ: Астрель.
8. Оржековский П.А., Мещерякова Л.М., Понтак Л.С. Химия. 9-й класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. — М.: АСТ: Астрель.
9. Минченков Е.Е., Журин А.А., Оржековский П.А. Химия: 10-й класс: Учебник для общеобразовательных учреждений. — Смоленск: «Ассоциация XXI век».

АВТОРЫ «ВЕСТНИКА МГПУ», № 1 (20), 2008

1. *Абдульмянов Саид Нурмухаммятович* — старший преподаватель кафедры физической географии и геоэкологии МГПУ.
2. *Атанасян Сергей Левонович* — проректор по учебной работе МГПУ, кандидат физико-математических наук, профессор.
3. *Белобров Виктор Петрович* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры физической географии и геоэкологии МГПУ, заместитель директора Института почвоведения Российской академии сельскохозяйственных наук.
4. *Бубнов Владимир Алексеевич* — доктор технических наук, академик Академии информатизации образования, профессор, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин МГПУ.
5. *Григорьев Евгений Григорьевич* — кандидат технических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин МГПУ.
6. *Дмитриева Валентина Тимофеевна* — кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой физической географии и геоэкологии, декан географического факультета МГПУ.
7. *Ломакин Владимир Владимирович* — соискатель кафедры физической географии и геоэкологии географического факультета МГПУ, учитель географии и экологии ГОУ СОШ № 1430.
8. *Ломакина Екатерина Михайловна* — аспирант кафедры физической географии и геоэкологии географического факультета МГПУ, учитель географии и экологии ГОУ СОШ № 1430.
9. *Майнашева Галина Макаровна* — кандидат биологических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии МГПУ.
10. *Мартынов Георгий Александрович* — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института физической химии и электрохимии РАН.
11. *Мещерякова Людмила Михайловна* − старший преподаватель кафедры методики преподавания химии Московского института открытого образования.
12. *Напрасников Александр Тимофеевич* — доктор географических наук, старший научный сотрудник Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН.
13. *Назаренко Людмила Владимировна* — кандидат биологических наук, доцент кафедры методики преподавания биологии и общей биологии МГПУ.
14. *Нурбеков Малик Кубанычбекович* — кандидат биологических наук, доцент кафедры методики преподавания биологии и общей биологии МГПУ.

15. *Овечкин Сергей Васильевич* — кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии МГПУ, старший научный сотрудник Института почвоведения Российской академии сельскохозяйственных наук.
16. *Оржековский Павел Александрович* − доктор педагогических наук, профессор кафедры общей химии МГПУ, заведующий кафедрой методики преподавания химии Московского института открытого образования.
17. *Подболотова Марина Ивановна* — кандидат педагогических наук, доцент кафедры экономической географии и социальной экологии географического факультета МГПУ.
18. *Приваловская Генриэтта Алексеевна* — доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и геоэкологии МГПУ, ведущий научный сотрудник Института географии РАН.
19. *Пронин Александр Сергеевич* — старший преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин МГПУ.
20. *Ролдугин Вячеслав Иванович* — доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института физической химии и электрохимии РАН.
21. *Скрыпник Николай Никифорович* — кандидат технических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин МГПУ.
22. *Соловьева Юлия Алексеевна* — кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической географии и социальной экологии МГПУ.
23. *Сосновский Николай Сергеевич* — ассистент кафедры естественнонаучных дисциплин МГПУ.
24. *Суматохин Сергей Витальевич* — доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой методики преподавания биологии и общей биологии МГПУ, главный редактор журнала «Биология в школе».
25. *Усков Глеб Николаевич* — генеральный директор Компании «Симтех».
26. *Фадеева Елена Олеговна* — кандидат биологических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии МГПУ, старший научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.
27. *Шульгина Ольга Владимировна* — доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической географии и социальной экологии МГПУ.

Вестник МГПУ

Журнал Московского городского педагогического университета

Серия «Естественные науки»

№ 1 (20), 2008

Главный редактор:
кандидат физико-математических наук, профессор ***С.Л. Атанасян***

Составитель:
кандидат географических наук, профессор ***В.Т. Дмитриева***

Главный редактор редакционно-издательского отдела:
Н.А. Соломатина

Редактор:
Н.А. Косаковская

Компьютерная верстка, макет:
А.Л. Бабабекова, О.Г. Арефьева

Корректор:
Л.П. Сандырева

Художник:
В.П. Рыжов

Свидетельство о регистрации средства массовой информации:
ПИ № 77-5797 от 20 ноября 2000 г.

Подписано в печать: 13.03.2008 г. Формат 70×108 1/16
Бумага офсетная.

Объем усл. 9 п.л. Тираж 1000 экз.