

# ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*научный и общественно-политический журнал*

том 86    № 8    2016    Август

Основан в 1931 г.  
Выходит 12 раз в год  
ISSN: 0869-5873

*Журнал издаётся под руководством  
Президиума РАН*

*Главный редактор*  
В.Е. Фортов

## Редакционная коллегия

Ж.И. Алфёров, А.Ф. Андреев, В.Н. Большаков,  
В.И. Васильев, Г.С. Голицын, А.И. Григорьев,  
И.И. Дедов, А.П. Деревянко, Ю.М. Каган, А.И. Коновалов,  
В.В. Костюк (заместитель главного редактора),  
Н.П. Лавёров, Г.А. Месяц, Ю.В. Наточин,  
А.Д. Некипелов, О.М. Нефёдов, В.И. Осипов, Р.В. Петров,  
В.В. Пирожков (ответственный секретарь), Г.А. Романенко,  
Д.В. Рундквист, А.С. Спирин, В.С. Стёпин,  
Л.Д. Фаддеев, Т.Я. Хабриева, Е.П. Челышев, А.О. Чубарьян,  
В.Л. Янин

*Заместитель главного редактора*  
Г.А. Заикина

*Заведующая редакцией*  
В.В. Володарская

Адрес редакции: 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 90  
Тел.: 8(495) 276-77-26, доб. 4261  
E-mail: [vestnik@naukaran.ru](mailto:vestnik@naukaran.ru)  
Подписка на “Вестник РАН” по Москве  
через Интернет [WWW.GAZETY.ru](http://WWW.GAZETY.ru)

Москва  
Издательство “Наука”

# СОДЕРЖАНИЕ

---

Том 86, номер 8, 2016

---

## Наука и общество

*В.И. Осипов*

Техногенез и современные задачи наук о Земле 675

## С кафедры Президиума РАН

*А.П. Бужилова*

Реконструкция образа жизни древнего человека методами естественных наук 685

Перспективы и препятствия на пути развития исторической антропологии и археологии в России. *Обсуждение научного сообщения* 694

## Организация исследовательской деятельности

*А.С. Кулагин*

О терминологической путанице в оценке результатов научной деятельности 698

*С.И. Паринов*

Технологии социальных сетей в организации научного взаимодействия 706

## Из рабочей тетради исследователя

*В.Л. Макаров, В.В. Окрепилов*

Принципы мониторинга качества жизни на основе агент-ориентированных моделей 711

## Обозрение

*С.М. Алдошин, В.С. Арутюнов, В.И. Савченко, И.В. Седов, И.А. Макарян*

Новые горизонты малотоннажной газохимии 719

## Проблемы экологии

*Е.М. Романов, Т.В. Нуреева, А.А. Белоусов*

Развитие агролесоводства как путь повышения эффективности землепользования 728

## История академических учреждений

*П.П. Кошелев, О.В. Михайлов*

Институту химии силикатов имени И.В. Гребенщикова РАН — 80 лет 735

## Былое

*В.Г. Кузнецов*

Краткая история становления и развития сравнительно-литологического метода 740

## Размышления над новой книгой

*В.А. Лекторский, В.И. Аршинов, В.Ю. Кузнецов, Б.И. Пружинин*

Постнеклассическая наука и социокультурный контекст 745

## В мире книг

Рецензируется: В.Е. Фортов, Ю.М. Батурин, Г. Морфилл, О.Ф. Петров  
“Плазменный кристалл. Космические эксперименты” 754

## Официальный отдел

Президиум РАН решил. — Юбилей 758

О присуждении медалей Российской академии наук с премиями для молодых учёных России и для студентов высших учебных заведений России по итогам конкурса 2015 года (представление Комиссии РАН по работе с молодёжью) 762

## В конце номера

*И.И. Судницын*

Родословное древо гения 766

---

# CONTENTS

---

## Vol. 86, No. 8, 2016

Simultaneous English language translation of the journal is available from Pleiades Publishing, Ltd.  
Distributed worldwide by Springer. *Herald of the Russian Academy of Sciences* ISSN 1019-3316

---

### Science and Society

*V.I. Osipov*

Technogenesis and the Current Challenges of the Earth Sciences 675

---

### On the Rostrum of the RAS Presidium

*A.P. Buzhilova*

Reconstruction of the Ancient People Lifestyle by the Natural Sciences Methods 685

Prospects and Obstacles to the Development of the Historical Anthropology

and Archeology in Russia. *Paper Discussion* 694

---

### Organization of Research

*A.S. Kulagin*

About the Terminological Confusion in Evaluation of the Scientific Results 698

*S. I. Parinov*

Social Network Technology in the Organization of Scientific Cooperation 706

---

### From the Researcher's Notebook

*V.L. Makarov, V.V. Okrepilov*

Principles of the Quality of Life Monitoring through Agent-Focused Models 711

---

### Review

*S.M. Aldoshin, V.S. Arutyunov, V.I. Savchenko, I.V. Sedov, I.A. Makaryan*

New Horizons of the Low-Tonnage Gas-Chemical Industry 719

---

### Problems of Ecology

*E.M. Romanov, T.V. Nureyeva, A. A. Belousov*

Development of the Agroforestry as a Way of Improving the Efficiency of Land Use 728

---

### History of Academic Institutions

*P.P. Koshelev, O.V. Mikhailov*

I.V. Grebenshchikov Institute of Silicates Chemistry of the RAS – 80 Years 735

---

### Bygone Times

*V.G. Kuznetsov*

Concise History of Formation and Development of Comparative-Lithological Method 740

---

### Reflections on a New Book

*V.A. Lectorsky, V.I. Arshinov, V.Yu. Kuznetsov, B.I. Pruginin*

Post-Nonclassical Science and the Socio-Cultural Context 745

---

### In the Book World

Reviewed: V.E. Fortov, Yu.M. Baturin, G. Morfill, O.F. Petrov “Plasma crystal. Space experiments” 754

---

### Official Section

Decisions of the RAS Presidium. Anniversaries 758

On Award of Medals of the Russian Academy of Sciences with Prizes for Young Scientists  
of Russia and for Students of Higher Educational Institutions of Russia according to the Results  
of Competition 2015 (Submission to the Commission of the RAS on Work with Youth) 762

---

### At the End of the Issue

*I.I. Sudnitsyn*

Family Tree of the Genius 766

---

## ТЕХНОГЕНЕЗ И СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ НАУК О ЗЕМЛЕ

© 2016 г. В.И. Осипов

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия*

e-mail: direct@geoenv.ru

Поступила в редакцию 27.01.2016 г.

В статье рассматривается развитие техногенеза на Земле как результат деятельности технически вооружённого человека по освоению природных ресурсов и созданию социальной и хозяйственной инфраструктуры. Наблюдающийся быстрый рост антагонизма между техногенезом и обществом свидетельствует о необходимости разработки новой стратегии развития современной цивилизации, основанной на сохранении баланса между хозяйственной деятельностью человека и охраной окружающей среды. Автором проанализированы отдельные проблемы, возникающие в ходе техногенеза. В качестве примера рассмотрено сейсмическое и инженерно-геологическое районирование территории с целью «вписывания» объектов техносферы в природные условия. Обсуждаются вопросы охраны поверхностных и подземных вод, оценки природных рисков при освоении территорий, проблемы утилизации отходов производства и потребления. Приведённые примеры свидетельствуют о необходимости научно обоснованной разработки кодекса техногенной деятельности человека, в основе которого должен лежать принцип коэволюции техносферы и природной среды.

**Ключевые слова:** техногенез, хозяйственная деятельность, окружающая среда, сейсмическое районирование, инженерно-геологическое районирование, природный риск, отходы производства и потребления, поверхностные и подземные воды.

DOI: 10.7868/S0869587316080107

Современная техническая цивилизация зародилась 200–300 лет назад. На фоне истории Земли это ничтожный временной период без особой хронологической значимости, но по произошедшим в нём эволюционным изменениям не имеющий аналогов. Эти изменения связаны с антропоцентрическим этапом развития Земли, когда главенствующим фактором глобального преобразования планеты стала деятельность человека. От того, будет ли деятельность рациональной и созидательной или эгоизм человека победит, зависит дальнейшая судьба современной цивилизации.



ОСИПОВ Виктор Иванович — академик РАН, научный руководитель ИГЭ РАН.

На заре своего развития наши далёкие предки пользовались только собственной мускульной энергией или энергией Солнца, ветра и воды. Их деятельность была полностью интегрирована в природные процессы и не вызвала антагонизма по отношению к окружающей среде. Но как только человек изобрёл паровую машину, затем двигатель внутреннего сгорания, научился вырабатывать электроэнергию, его активность приобрела иной характер: она стала агрессивной, нацеленной на безграничное использование природных ресурсов. Эта деятельность, включая создание социальной и промышленной инфраструктуры, получила название «техногенез».

Развитию техногенеза — важнейшего фактора преобразования природы — во многом способствует быстрый рост населения планеты: менее чем за два столетия оно увеличилось в 7 раз. В результате за относительно короткий исторический период быстро деградировала природная среда, снизилось её качество. В настоящее время изменение окружающей среды идёт по опасной траектории. Через 100–200 лет могут сложиться такие условия, в которых человек не сможет существовать.

Природа — исключительно мощная и многообразная система, обладающая огромными возможностями. Важно навсегда отказаться от когда-то провозглашённого лозунга одолеть природу любыми средствами: “Нам не нужно ждать милостей от природы, взять их — наша задача”. Это совершенно бессмысленный призыв, способный привести не к развитию, а к гибели общества, ибо победить природу нельзя, можно только преобразовать её до такой степени, что места для человека в ней уже не найдётся.

Всё чаще приходится сталкиваться с ситуацией, когда успешно работающие предприятия и производства, принадлежащие государственным или частным компаниям и приносящие значительный доход в бюджет страны и регионов, являются в то же время крупнейшими загрязнителями окружающей среды, их деятельность приводит к появлению различных экологических проблем. Возникает конфликт интересов, с одной стороны, компаний, с другой — жителей регионов, где расположено производство. Если говорить точнее, то это конфликт между бизнесом и природопользованием.

Антагонизм между техногенезом и обществом продолжает усиливаться. Всё более очевидной становится необходимость разработки новой стратегии развития современной цивилизации, в основе которой должна быть коэволюция хозяйственной деятельности человека и сохранения окружающей среды. Коэволюция не подразумевает полного отказа от использования природных ресурсов, это невозможно. Однако, потребляя природные ресурсы и создавая необходимую инфраструктуру, человек не должен превышать допустимые пределы, иначе природа потеряет способность к самовосстановлению. Коэволюция может быть достигнута в том случае, если деятельность человека будет осуществляться не вопреки законам природы, а “впишется” в природные процессы, не вызывая их коренного изменения. Важнейшей задачей новой стратегии является научно обоснованное установление критических параметров техногенеза. Стратегическая цель современной цивилизации — включить техногенез в интегрированный процесс развития общества и природы, чтобы не ставить под угрозу жизнь нынешнего и будущего поколений.

В решении поставленной задачи немалая роль принадлежит экологии, современной междисциплинарной науке, объединяющей два крупных взаимосвязанных направления — биоэкологию и геоэкологию. Биоэкология изучает закономерности развития и изменения живой компоненты планеты (биосферы) под влиянием внутренних и внешних факторов, включая человека, а геоэкология — динамику абiotических компонентов окружающей среды (литосферу, атмосферу, гидросферу) в результате развития природных процессов и техногенеза.

Рассмотрим некоторые проблемы, возникающие в результате техногенеза, в решении которых приоритетная роль отводится геоэкологии. На отдельных примерах будет показано, как можно развивать хозяйственную деятельность с учётом природных условий и тем самым минимизировать антагонизм между техногенезом и природой.

**Районирование территорий по природным условиям.** Один из наиболее распространённых видов техногенеза — строительство, которое связано с урбанизацией, ростом количества мегаполисов, созданием транспортной инфраструктуры, промышленных комплексов. Долговечность, безопасность и экономичность строящихся объектов во многом определяются природными условиями, в которых они возводятся, прежде всего прочностными и деформационными свойствами грунтов основания сооружений, а также опасными природными процессами. Несмотря на строительные нормативные требования, решение о месте возведения того или иного сооружения часто принимается на безальтернативной основе, без учёта геологической изменчивости территории и рассмотрения сравнительных вариантов строительных площадок в зависимости от их природных условий. Всё это является причиной дополнительных экономических затрат и снижения надёжности возводимого объекта. Ярким примером тому может послужить строительство в 1980-х годах на юге нашей страны уникального завода “Атоммаш”, который в то время называли “заводом XXI столетия”. Выбор площадки был осуществлён на безвариантной основе. Строительство началось на 30-метровой толще лёсса — слабым грунте, интенсивно сжимающемся при замачивании. В результате ещё в процессе строительства первый корпус начал деформироваться. Директор завода был вынужден обратиться с просьбой о выделении средств на капитальный ремонт недостроенного здания. К сожалению, подобные случаи бывают и сейчас.

Один из наиболее простых и эффективных способов “вписывания” объектов техносферы в природные условия и оптимизации взаимодействия объекта со средой — районирование территорий по природным условиям и выбор участков, наиболее благоприятных для строительства (вариантное благоприятное для строительства). Для этого применяются несколько видов районирования. В качестве примера рассмотрим сейсмическое и инженерно-геологическое районирование.

**Сейсмическое районирование.** Строительство в сейсмически опасных районах сопряжено с возможным катастрофическим разрушением объектов техносферы и гибелью людей. В историческое время на Земле произошло несколько тысяч подобных катастроф [1]. Наиболее мощные землетрясения происходили в Китае: 1556 г. — Хуакси-

анское землетрясение (провинция Шаньси), погибло 830 тыс. человек; 1976 г. — Тангшанское (провинция Хэбэй), погибло 242 тыс. человек; 2008 г. — Венчуанское (провинция Сычуань), погибло 87.4 тыс. человек, повреждено более 4.5 млн. зданий, более 10 млн. человек остались без крова. Крупные катастрофы, связанные с землетрясениями, случались и в ряде других стран [1].

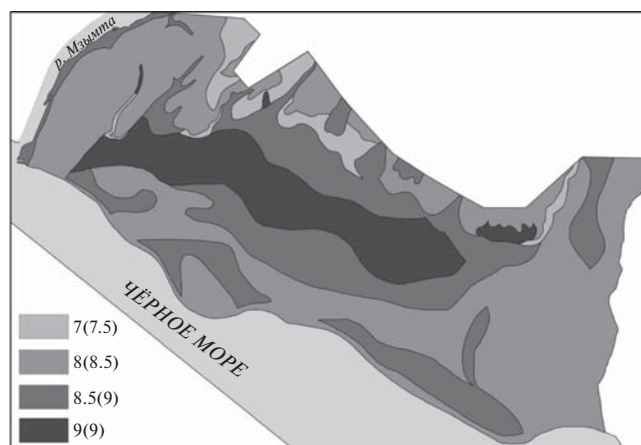
Для уменьшения катастрофических последствий размещение городов, населённых пунктов и других объектов техносферы в сейсмоопасных районах необходимо осуществлять на участках с минимальной сейсмичностью. С этой целью используют карты общего, детального и сейсмического микрорайонирования. Последние являются особенно информативными, поскольку выполняются в крупном масштабе и учитывают, помимо фоновой сейсмичности, геоморфологию, литологический состав пород и гидрогеологические условия территории.

В качестве примера на рисунке 1 приводится карта сейсмического микрорайонирования Имеретинской низменности на Сочинском побережье Чёрного моря, разработанная в Институте геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН) для строительства объектов Олимпийского комплекса. Установлено, что в пределах относительно небольшой территории низменности сейсмичность изменяется от 7 до 9 баллов (для периода повторяемости 500 лет). С помощью этой карты удалось разместить спортивные объекты на участках с наименьшей сейсмичностью и тем самым повысить безопасность и оптимизировать стоимость строительства сооружений.

**Инженерно-геологическое районирование.** Под инженерно-геологическим районированием понимается разделение изучаемой территории по инженерно-геологическим условиям на серию таксономических единиц различного ранга на основе комплексной оценки структурно-геодинамических, геоморфологических, гидрогеологических особенностей изучаемой территории, литологического состава, строения, физических и физико-механических свойств грунтов, развития опасных природных процессов.

Инженерно-геологические особенности формируются в процессе длительного геологического развития территорий, которое обуславливает пространственно-временную изменчивость геологической среды и различные условия возведения объектов инфраструктуры. При оценке инженерно-геологических условий важно выявлять опасные геологические процессы, а также слабые и специфические грунты.

Основные принципы крупномасштабного инженерно-геологического районирования были апробированы в ИГЭ РАН при картировании территории Москвы. Коллектив института разработал геоинформационную систему геологиче-



**Рис. 1.** Карта сейсмического микрорайонирования Имеретинской низменности

Сейсмичность в баллах для повторяемости 1 раз в 500 лет и 1 раз в 1000 лет (в скобках)

ской среды города, включающую 35 тыс. оцифрованных скважин, с помощью которой была получена информация, необходимая для составления крупномасштабной (1:10000) карты инженерно-геологического районирования территории [2]. Принципиальная особенность карты — генерализация исходных геологических данных по критериям, отвечающим требованиям коэволюции природных условий и воздействий от строящихся зданий и сооружений, учёт которых способствует повышению безопасности возводимых сооружений, людей и окружающей среды.

На основе комплексного анализа полученных на территории города данных выделено более 3500 участков, различающихся по инженерно-геологическим условиям. В электронном приложении к карте даётся характеристика таксономических единиц. Участки разделены на три группы: благоприятные для застройки (44% территории города), условно благоприятные (45%) и неблагоприятные (11%).

С экологической и социально-экономической точек зрения карты инженерно-геологического районирования являются мощным инструментом рационального использования природных условий урбанизированных территорий, особенно на стадии планирования их освоения. Учитывая растущую необходимость освоения подземного пространства, данные районирования необходимо учитывать при составлении генпланов городов. Кроме того, они могут найти применение в развитии государственной системы пространственных данных при градостроительной деятельности, поскольку позволяют учитывать третью координату — недра — при составлении региональных и муниципальных моделей территориального планирования.





Рис. 2. Схематический геологический разрез территории Москвы с выделяемыми “гидрогеологическими окнами”

Q — породы четвертичного возраста (суглинки, пески, глины ледникового, водно-ледникового, склонового генезиса); K — породы мелового возраста (глинистые и песчаные отложения); J — породы юрского возраста (глинистые и песчаные отложения); C — породы каменноугольного возраста (известняки, доломиты, мергели, глина)

**Охрана поверхностных и подземных вод.** Вода — важнейший жизнеобеспечивающий природный ресурс. Недостаток питьевой воды в ряде стран уже сейчас приводит к повышению заболеваемости и смертности людей, порождает потоки экологических беженцев, вызывает обострение межгосударственных отношений. Наша страна обладает огромными ресурсами поверхностных и подземных вод. Несмотря на это, в ряде районов, особенно в крупных промышленных центрах, существуют определённые затруднения с обеспечением населения питьевой водой хорошего качества. Главная проблема — растущие из года в год объёмы загрязнённых вод.

Антропогенный фактор ощутимо сказывается на состоянии малых рек. Многие малые реки Кольского полуострова, бассейна Оби и Енисея и других регионов характеризуются как грязные, очень грязные и даже экстремально грязные. Повышение концентрации загрязняющих веществ быстрыми темпами идёт в Арктической зоне из-за низкой способности вод к самоочищению. Особую настороженность вызывает загрязнение подземных вод. Ресурсы подземных вод имеют стратегическое значение, поскольку считается, что они хорошо защищены от внешних воздействий. По последним данным Центра государственного мониторинга состояния недр “Гидроспецгеология”, на территории России выявлено 6439 участков загрязнения подземных вод, из них 3441 участок относится к водозаборам хозяйственно-питьевого назначения [3]. Большинство участков загрязнения (38%) связано с деятельностью промышленных предприятий, 14% — с деятельностью сельскохозяйственных предприятий, 14% — с коммунальным хозяйством, 6% загрязнено в результате подтягивания некондиционных природных вод при нарушении режима их экс-

плуатации, 12% имеют смешанный характер загрязнения. Чаще всего загрязняющими веществами выступают соединения азота и нефтепродукты. Для 73% участков интенсивность загрязнения подземных вод составляет 1–10 ПДК, на 19% — 10–100 ПДК, на 8% — превышает 100 ПДК.

Наиболее интенсивно загрязнение подземных вод идёт на урбанизированных территориях. Во многом оно зависит от защищённости водоносных горизонтов перекрывающими толщами пород, препятствующими проникновению загрязнений в глубокие горизонты. Это можно рассмотреть на примере Москвы.

Водоносные горизонты территории Москвы можно объединить в два комплекса: верхний, включающий сильно загрязнённые водоносные горизонты, приуроченные к отложениям четвертичного и мелового периодов, и нижний, представленный артезианскими водоносными горизонтами пресных вод, выделяемыми в каменноугольных отложениях. Комплексы разделены толщей юрских глин, которые играют роль экрана и защищают артезианские водоносные горизонты от проникновения в них загрязнённых вод верхнего водоносного комплекса. Однако такая ситуация наблюдается не везде.

В геологической толще города встречаются древние эрозионные врезы, сформировавшиеся на континентальном этапе развития территории в период от верхнего мела до четвертичного времени. Как видно на рисунке 2, эрозионные врезы проникают сквозь юрскую глинистую толщу и образуют “гидрогеологические окна”, через которые происходит взаимодействие выделяемых водоносных комплексов и загрязнение вод нижнего комплекса.



Рис. 3. Карстовый провал на территории Березниковского промышленного района

Выявление древних эрозионных врезов позволило составить карту гидрогеологических окон для территории Москвы, которая даёт возможность идентифицировать участки, где возможно загрязнение водоносных горизонтов артезианских вод, являющихся важнейшим ресурсом относительно чистых питьевых вод города. Это обстоятельство необходимо учитывать при планировании размещения объектов — потенциальных загрязнителей геологической среды города.

**Природные и природно-техногенные катастрофические явления.** Количество природных катастроф в мире только за последние 25–30 лет (1980–2010) возросло в 2.1 раза, число погибших — в 2.7 раза. Всего за 1975–2013 гг. в результате таких событий в мире погибло 2.5 млн. человек, пострадало более 800 млн. человек. Отдельные страны, в частности Япония, тратят на борьбу с природными катастрофами и ликвидацию их последствий до 5–8% расходной части бюджета в год.

Масштаб ущерба от природных катастроф в мире неуклонно растёт. С 1975 г. прямой экономический ущерб от природных катастроф увеличился в 8 раз и порой достигает 380 млрд. долл. в год. Помимо сейсмических явлений, рассмотренных выше, огромный ущерб наносят наводнения, подтопления и засухи, склоновые процессы (оползни, обвалы, сели, лавины), штормы и ураганные ветры, карстовые провалы, эрозия, абра-

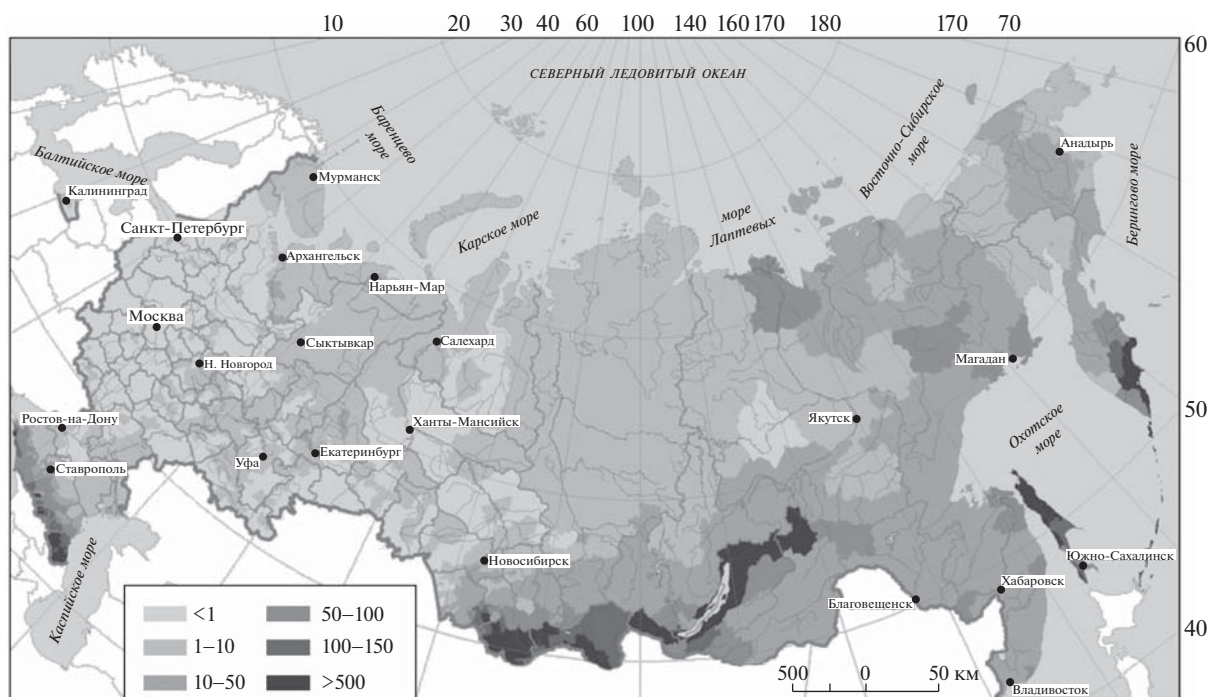
зия и т.д. Достаточно вспомнить катастрофическое наводнение на Дальнем Востоке в 2013 г. По данным Б.Н. Порфирьева, полный ущерб от наводнения составил 216 млрд. руб. [4].

С природными катастрофами связан ряд крупнейших аварий, представляющих глобальную угрозу. К их числу, например, относится разрушение атомной станции “Фукусима” в Японии, произошедшее 11 марта 2011 г. после землетрясения магнитудой 9 баллов. Землетрясение вызвало волну цунами высотой 14 м, что намного превысило высоту, принятую в проекте станции (6 м). Волна затопила четыре из шести блоков, вывела из строя систему охлаждения реакторов, что привело к серии взрывов водорода, пожарам, расплавлению активной зоны, выбросу в атмосферу радиоактивных веществ, гибели более 20 тыс. человек.

Не менее страшная трагедия произошла в декабре 2004 г.: 9-балльное землетрясение в Индийском океане вызвало огромное цунами, волны которого достигли побережий Индонезии и ряда других прибрежных государств, погибло около 200–300 тыс. человек.

Активизация природных катастроф за последние годы вызвана не только природными факторами, такими как климатические изменения, но и ростом природно-техногенных опасных явлений, спровоцированных деятельностью человека. К их





**Рис. 4.** Карта интегрального природного риска на территории России с учётом вероятности проявления землетрясений, наводнений, ураганов, снежных лавин, оползней и селей

числу относятся наведённая сейсмичность, карстовые провалы, подтопление, склоновые процессы.

Природно-техногенные процессы могут достигать значительных объёмов и представлять серьёзную угрозу для людей и инфраструктуры. На рисунке 3 показан один из карстовых провалов, образовавшихся в последние годы в России на территории Березниковского промышленного района. Разработка в этом районе залежей калийных солей подземными выработками большого объёма (до 80 млн. м<sup>3</sup>) ослабила массивы пород соляных и надсоляных толщ, снизила их плотность за счёт гидродинамического и геохимического воздействия подземных вод, что привело к деформациям, разрушению и затоплению самих выработок. Это послужило причиной активизации карстового процесса и образования огромных провалов. Размер представленного провала, образовавшегося 28 июня 2008 г., составил 300 × 400 м, глубина — 80 м, объём — 8.6 млн. м<sup>3</sup>.

Рост количества природных и природно-техногенных опасностей создаёт необходимость совершенствования районирования территорий, о чём говорилось выше, и развития теории оценки рисков [5].

Природный риск — это вероятностная оценка возможных материальных ущербов и физических потерь на конкретных территориях. Процедура оценки рисков сводится к составлению прогноз-

ной карты повторяемости развития опасного процесса для исследуемой территории и её совмещение с картой населённых пунктов и объектов техносферы с одновременным анализом их состояния (уязвимости). На этой основе составляется карта риска, на которой выделяются территории и поселения с различной вероятностью гибели людей или возможного материального ущерба в течение установленного времени. Процедура оценки рисков позволяет сравнительным путём выявить наиболее безопасные территории и планировать оптимальные варианты их заселения и использования под объекты техносферы.

В нашей стране накоплен значительный опыт по составлению карт природного риска. Имеются примеры составления карт индивидуального риска (гибель человека) для территории всей страны, а также отдельных регионов и муниципалитетов применительно к проявлению наиболее вероятной и разрушительной природной опасности, например, сейсмической или кумулятивной опасности от возможного проявления в исследуемом районе нескольких опасностей: сейсмической, оползневой, подтопления, карстовой и т.д. [6, 7].

В качестве примера на рисунках 4 и 5 представлены карты риска, составленные сотрудниками ИГЭ РАН и Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Первая карта отражает вероятность индивидуального природного риска (гибель и увечье) человека на

территории России в результате проявления следующих опасностей: землетрясение, наводнение, ураганы, снежные лавины, оползни, сели. На второй карте показан индивидуальный сейсмический риск для территории Краснодарского края.

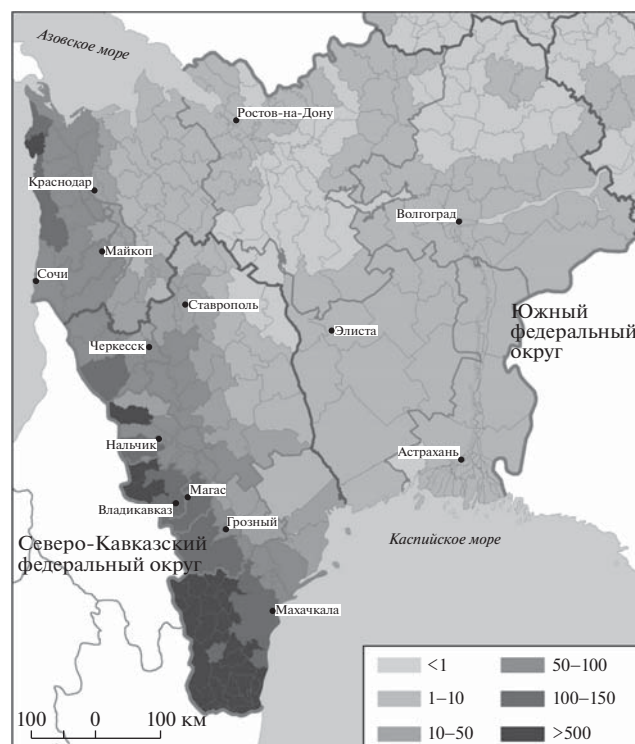
**Обращение с отходами.** В России быстрыми темпами идёт наращивание объёмов отходов производства и потребления, негативно воздействующих на окружающую среду и здоровье населения. Обращение с отходами — один из важнейших аспектов национальной безопасности и в то же время острейшая экологическая проблема. В настоящее время в России накоплено около 100 млрд. т отходов разного происхождения: жилищно-коммунальных, строительных, отходов горнодобывающей промышленности, радиоактивных и т.д.

Особенно тяжёлая ситуация сложилась с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО). Огромная их масса скопилась на полигонах, свалках и отвалах. Количество ТКО прирастает по 40–60 млн. т ежегодно. По данным Росприроднадзора, в стране насчитывается 1092 полигона, около 15 тыс. санкционированных и 17 тыс. несанкционированных свалок и 13 тыс. несанкционированных мест размещения ТКО. Общая площадь полигонов и свалок составляет 107 тыс. га, площадь нарушенных земель превышает 1 млн. га. Большинство свалок расположено вблизи населённых пунктов (58%), водоохранных зон (16%), на землях сельскохозяйственного назначения (15%) и лесного фонда (8%).

Проблема коммунальных отходов затрагивает практически все регионы страны от Арктики и до Черноморского побережья. Особенно страдает Центральный федеральный округ, где проживает 40 млн. человек и сосредоточено 1113 крупных свалок, из которых только 30% включены в государственный реестр объектов размещения отходов, остальные носят стихийный (незаконный) характер.

Как правило, коммунальные отходы вывозятся на места свалок без какой-либо сортировки. В их состав попадают токсичные компоненты — ртутьсодержащие изделия (ртутные лампы, градусники), изделия, содержащие тяжёлые металлы (батарейки, аккумуляторы) и др. В то же время индустриальная переработка отходов в стране практически отсутствует. Рынок вторичного сырья развит слабо. Частный бизнес неохотно вкладывает средства в развитие этого производства из-за отсутствия уверенности в его прибыльности.

Не менее сложная ситуация складывается с накоплением и утилизацией отходов горнопромышленной отрасли. Объёмы этих отходов не сопоставимы с другими отработанными продуктами техногенеза. Общий объём горнопромышленных



**Рис. 5.** Карта индивидуального сейсмического риска для территории Краснодарского края

отходов на территории России, по разным данным, составляет 40–80 млрд. т [8]. Отходы накапливаются в виде огромных отвалов отработанных пород — терриконов, не только нарушающих природные ландшафты, но и служащих мощным источником загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы.

Особую опасность представляют отвалы горнохимических предприятий, включающие легковыветриваемые и растворимые компоненты. Примером могут служить солеотвалы на территории уже упоминавшегося Березниковского промышленного района в Пермском крае, где на протяжении многих лет ведётся интенсивная разработка залежей калийных солей.

По фондовым данным, на территории промышленной зоны г. Березники скопилось более 140 млн. т отходов (рис. 6). Площадь наиболее крупных солеотвалов достигает 3,5 км<sup>2</sup>, а объём — до 45 млн. м<sup>3</sup>. Через отвалы происходят фильтрация и загрязнение поверхностных вод, поэтому поверхность отвалов выглядит эродированной и пронизанной многочисленными вертикальными каналами, образующимися в результате фильтрации воды. Солеотвалы служат мощным источником загрязнения окружающей среды.

Совершенно очевидно, что существование социально развитого общества невозможно без решения проблемы обращения с отходами. Приоритетной задачей является создание системы обращения с отходами, обеспечивающей безопасность населения и окружающей среды.



Рис. 6. Отвалы (терриконы) горно-химического предприятия в Березниковском промышленном районе

ритетное внимание необходимо уделять хранению и захоронению отходов I и II категорий опасности, к которым относятся радиоактивные отходы. Не стоит забывать и о менее токсичных отходах, учитывая их значительные объёмы. Необходимо создать практически новую отрасль производства, которая включала бы территориально рассредоточенную инфраструктуру для промышленного сбора, сортировки, временного хранения, переработки, получения вторичного сырья и захоронения не утилизируемой части переработанных отходов. Это важнейшая междисциплинарная проблема, для решения которой необходимо привлечь научный потенциал страны. Помимо внедрения современных технологий переработки отходов большое значение имеет научное обоснование размещения полигонов с учётом требований сохранения окружающей среды. Места размещения полигонов должны отвечать следующим требованиям:

- в соответствии с Градостроительным кодексом полигоны следует размещать за пределами санитарно-защитных зон населённых пунктов и предприятий, а также природоохранных зон;
- площадки размещения полигонов должны обладать высокими природными изолирующими свойствами, позволяющими локализовать загрязнение и предотвращать их попадание в окружающую среду как при сборе, сортировке и переработке отходов, так и при захоронении не утилизируемых остатков;
- на площадках необходимо предотвращать создание условий для развития опасных природных процессов, способствующих распространению отходов на соседние территории.

Поиск площадок под полигоны относится к компетенции специалистов наук о Земле и должен осуществляться на основе коэволюционных

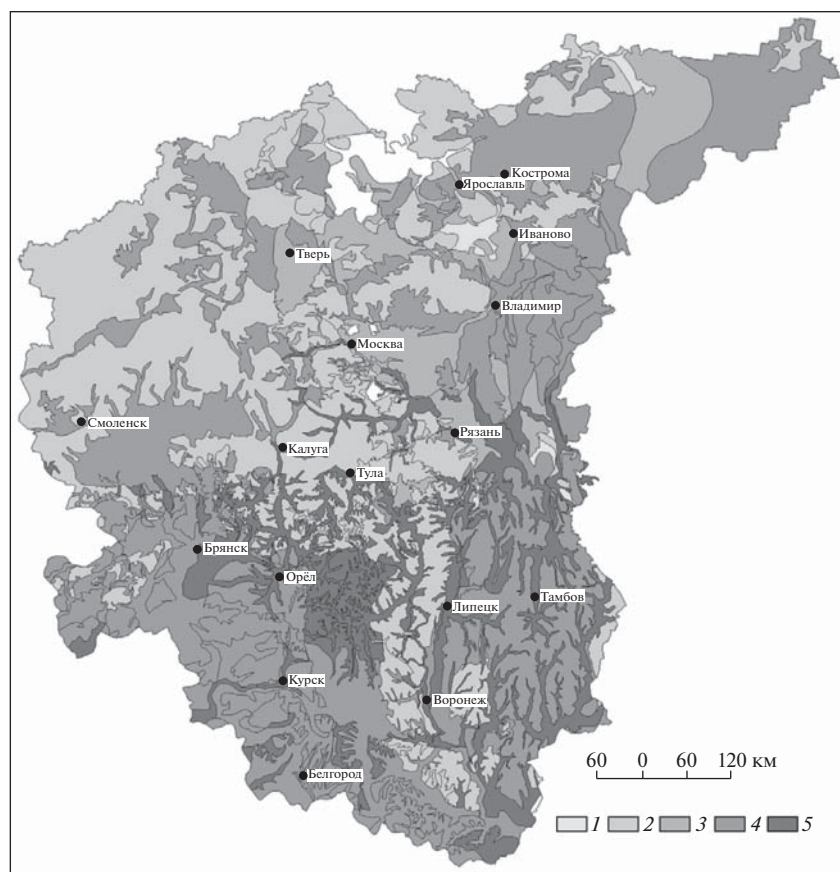
принципов. Для этого требуется проведение инженерно-геологического районирования территорий и выделение участков, отвечающих перечисленным выше требованиям.

В качестве примера на рисунке 7 приведена схема такого районирования территории Центрального округа Европейской части России, составленная в ИГЭ РАН. Исходя из геологических условий, на карте выделены пять типов массивов пород по степени благоприятствования для размещения бытовых отходов: благоприятные (в которых имеются две водоупорные толщи — четвертичные моренные суглинки и юрские морские глины), условно благоприятные (территории, где на поверхности залегают моренные четвертичные суглинки, подстилаемые хорошо проницаемыми отложениями), условно неблагоприятные (территории, сложенные песчано-глинистыми четвертичными отложениями без регионально выдержанных слабопроницаемых прослоев, представленных юрскими глинами), неблагоприятные (территории, сложенные массивами хорошо проницаемых четвертичных и дочетвертичных пород) и весьма неблагоприятные (в геологическом разрезе встречаются только хорошо проницаемые водонасыщенные отложения).

\* \* \*

Рассмотренные примеры — лишь небольшая доля обусловленных техногенезом геоэкологических проблем, стоящих перед науками о Земле. Но даже из этих примеров понятно, что задача геологии и других наук в настоящее время не может сводиться только к поиску, разведке и освоению новых природных ресурсов. С позиции существования и дальнейшего развития современной цивилизации не менее важны рациональное





**Рис. 7.** Карта районирования Центрального округа Европейской части России по условиям размещения твёрдых коммунальных отходов

Выделяемые участки: 1 – благоприятные; 2 – условно благоприятные; 3 – условно неблагоприятные; 4 – неблагоприятные; 5 – крайне неблагоприятные

потребление ресурсов и сохранение благоприятной для жизни окружающей среды. Такое направление деятельности носит отчасти социальный характер и требует развития фундаментальных научных исследований в области геоэкологии и инженерной геологии. Очевидно, что в ближайшие годы такие исследования получат развитие и станут одними из приоритетных научных направлений в области наук о Земле.

Подтверждением сказанного служит рост интереса к изучению геоэкологических проблем в мире и в нашей стране. Это выразилось в создании в 1966 г. в Международном геологическом союзе Ассоциации по инженерной геологии и охране окружающей среды (МАИГ). В настоящее время МАИГ объединяет 59 стран. Вскоре после образования МАИГ в России появилась аналогичная секция в Национальном союзе геологов. В 1991 г. Российской академией наук был создан сначала Центр, а затем в 1996 г. – Институт геоэкологии РАН. Работы геоэкологической направленности расширяются с каждым годом. Сейчас в Отделении наук о Земле РАН трудно найти институт, который в той или иной форме

не занимался бы этими проблемами. Можно надеяться, что дальнейшее развитие геоэкологии будет способствовать решению задачи сохранения окружающей среды и обеспечения перспективы благополучного существования наших потомков.

Происходящая в современном мире перестановка акцентов исследований в области наук о Земле подстёгивается мощной поступью техногенеза. Задача научного сообщества – в кратчайший срок разработать научные основы допустимого уровня техногенеза. Для этого необходимы научно обоснованные нормы взаимодействия технологически вооружённого человека с окружающей средой. Это достигается не только системой мер, включающей совершенствование и разработку “природолюбивых” технологий освоения природных ресурсов, но и углублением знаний о природной системе, закономерностях её развития, прогнозировании возможных изменений и своевременной корректировке хозяйственной деятельности человека. Важно, чтобы на научной основе первоначально в рамках отдельных стран, а затем в глобальном масштабе был выра-

ботан “кодекс техногенной деятельности человека”, включающий нормативные и другие требования к хозяйственной деятельности, закреплённые на законодательной основе.

Исследования выполнены при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 16-17-00125).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Друмя А.В., Шебалин Н.В. Землетрясение: где и почему? / Под ред. М.А. Садовского. Кишинёв: Штиинца, 1985.
2. Осипов В.И., Антипов А.В. Принципы инженерно-геологического районирования территории Москвы // Геоэкология. 2009. № 1. С. 3–13.
3. Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году”. <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=142679>
4. Порфирьев Б.Н. Экономика природных ресурсов // Вестник РАН. 2015. № 2. С. 30–39; *Porfiriev B.N.*
5. *Osipov V.I.* Управление природными рисками // Вестник РАН. 2010. № 4. С. 291–297; *Osipov V.I.* Natural Risk Management // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2010. № 2. P. 119–125.
6. *Осипов В.И., Фролова Н.И., Сущёв С.П., Ларионов В.И.* Оценка сейсмического и природного риска для населения и территории Российской Федерации // Экстремальные природные явления и катастрофы. Т. 2. Геология урана, геоэкология, гляциология. М.: ИФЗ РАН, 2011. С. 28–48.
7. *Осипов В.И., Сущёв С.П., Ларионов В.И. и др.* Атлас карт сейсмического и природного риска // Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений и техногенных катастроф, включая проблемы ускоренного развития атомной энергетики. М.: ИФЗ РАН, 2011. С. 193–203.
8. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / Под ред. Б.К. Михайлова. М.: Научный мир, 2012.



## РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБРАЗА ЖИЗНИ ДРЕВНЕГО ЧЕЛОВЕКА МЕТОДАМИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

© 2016 г. А.П. Бужилова

*Научно-исследовательский институт и Музей антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

*Институт археологии РАН, Москва, Россия*

e-mail: albu\_pa@mail.ru

Поступила в редакцию 29.09.2015 г.

В статье, подготовленной на основе выступления на одном из заседаний Президиума РАН, описывается реконструкция образа жизни древних людей, проживавших на территории археологического комплекса Минино (Вологодская область) в различные хронологические периоды. Показано, что при исследовании антропологических материалов применение различных естественно-научных методов — анализа микроэлементов и изотопов, радиологического и археозоологического, палеопатологического и антропологического, — а также методов статистики значительно расширяет число источников, формирующих объём данных для палеоэкологической реконструкции условий жизнедеятельности на ранних этапах развития общества.

**Ключевые слова:** археология, палеоантропология, биоархеологическая реконструкция, Русский Север, парные и совместные погребения, естественно-научные методы.

DOI: 10.7868/S086958731608003X

В далёком прошлом, как и в наши дни, человек испытывал разнообразное по силе стрессовых факторов воздействие окружающей среды. Смена условий жизни при заселении ойкумены и сопутствующая этому смена источников питания, воздействие других геохимических и климатических факторов значительным образом влияли на успешность адаптации мигрантов. Последствия приспособления к определённой экологической нише приводили как к формированию специфических комплексов признаков, фиксирующихся по данным антропологии, так и к трансформации культурных навыков, что отражалось в появлении новых орудий труда, иного типа жилищ,

одежды и прочих атрибутов быта, фиксируемых методами археологии.

В результате археологических разведок по берегам Кубенского озера (Вологодская область) в 1993 г. экспедицией Научно-производственного центра “Древности Севера” под руководством С.Ю. Васильева на размытом берегу реки Дмитровки, впадающей в Кубенское озеро, были обнаружены два разрушенных погребения. Заложенный шурф позволил собрать в отложениях культурного слоя инвентарь разнообразных периодов — от позднего Средневековья до эпох неолита и мезолита. Это послужило началом изучения памятника Минино (название дано по расположенной рядом деревне) в рамках Онежско-Сухонской экспедиции Института археологии РАН под руководством академика Н.А. Макарова.

В процессе работы на разных памятниках археологического комплекса Минино А.В. Суворовым были выделены и систематизированы материалы доисторических эпох [1], что позволило сопоставить погребения, обнаруженные во время разведок и позднее во время системных раскопок из памятников Минино I и II со слоями мезолита и неолита. Всего для периодов каменного века исследовано 29 погребений (38 индивидов) — 22 одиночных, 5 двойных и 2 тройных. На памятнике Минино I они пронумерованы арабскими



БУЖИЛОВА Александра Петровна — член-корреспондент РАН, директор НИИ и Музея антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник ИА РАН.

Результаты радиоуглеродного анализа по материалам погребальных комплексов Минино, по данным [5]

Лаборатория*	Номер погребения** – образец	Некалиброванная дата (лет назад)
ОхА-16194	М-I, погр. 3 – Человек	7631 ± 39
ОхА-X-2178-30	М-I, погр. 3 – Лось	7205 ± 60
GIN-8837	М-I, погр. 3 – Человек	7240 ± 160
AAR-5787	М-I, погр. 4 – Человек	6680 ± 50
AAR-5788	М-I, погр. 4 – Копытное	6165 ± 45
ОхА-16195	М-I, погр. 5 – Человек	6669 ± 38
ОхА-X-2178-35	М-I, погр. 5 – Лось	9070 ± 110
GIN-8838	М-I, погр. 5 – Человек	6210 ± 210
ОхА-16196	М-I, погр. 6 – Человек	7568 ± 38
ОхА-16197	М-I, погр. 6 – Лось	8975 ± 55
AAR-5789	М-I, погр. 13 – Человек	6590 ± 50
AAR-5790	М-I, погр. 13 – Лось	6140 ± 50
AAR-5791	М-I, погр. 19 (скел. 2) – Человек	9320 ± 55
AAR-5792	М-I, погр. 19 (скел. 2) – Лось	8960 ± 55
AAR-5794	М-I, погр. 19 (скел. 2/3) – Животное	8790 ± 55
AAR-5793	М-I, погр. 19 (скел. 3) – Человек	9435 ± 55
AAR-5794	М-I, погр. 19 (скел. 2/3) – Животное	8790 ± 55
ОхА-16198	М-I, погр. 20 – Человек	9385 ± 40
ОхА-16199	М-I, погр. 20 – Лось	8895 ± 40
ОхА-X-2182-53	М-II, погр. I (скел. 2) – Человек	9205 ± 45
ОхА-X-2182-51	М-II, погр. II – Человек	8885 ± 45
ОхА-X-2182-52	М-II, погр. III – Человек	8400 ± 40
ОхА-X-2182-50	М-II, погр. IV – Человек	9145 ± 45
ОхА-16200	М-II, погр. V – Человек	9435 ± 40
ОхА-X-2178-36	М-II, погр. V – Лось	9090 ± 110
ОхА-X-2182-49	М-II, погр. VIII (1) – Человек	9430 ± 45

\* ОхА – Оксфордский университет, GIN – Геологический институт РАН, AAR – Университет Аризоны.

\*\* М-I – комплекс Минино I, М-II – комплекс Минино II.

цифрами (с 1 по 17 и с 19 по 22), а удалённое на 230 м скопление погребений каменного века памятника Минино II – римскими (с I по VIII), так как на этом комплексе обнаружены и захоронения древнерусского времени (не менее 65 погребений по обряду ингумации, около 20 – по обряду кремации). Могильник частично нарушен поздними перекопами и распахкой [2].

Исследование столь сложного археологического комплекса без применения современных методологических подходов, в том числе использования естественно-научных методов, значительно сузило бы информативность археологического источника. Ниже будет рассмотрено несколько сюжетов, связанных с реконструкцией образа жизни древних людей, которая стала возможной благодаря применению методов радиологии, изотопного и микроэлементного анализа, археозоологии, палинологии, палеопатологии, антропологии и статистики.

**Датировка погребений методом радиоуглеродного анализа и палинологии.** По мнению археологов, Минино I и Минино II не представляют собой единого погребального комплекса, поскольку отражают разновременные и разнообразные по обряду захоронения [3]. Сопутствующие артефакты датируются широким интервалом – от второй половины мезолита до раннего неолита [4]. В подобной ситуации крайне важно подтвердить правильность археологических дат другими методами. Результаты радиоуглеродного анализа различных артефактов и костей животных, полученные в Геологическом институте РАН (погр. 3 и 5), в университете Орхуса (погр. 4, 13, 19) и университете Оксфорда (погр. 3, 5, 6, 20, I, II, III, IV, V и VIII), подтвердили более чем 3000-летний интервал формирования погребальных комплексов Минино [4, 5]. На основании палинологических данных появление человека на территории Минино датируется периодом стабилизации клима-

тических условий, то есть не позднее 9500–9300 лет назад [1]. Радиоуглеродный анализ человеческих останков из погребений даёт сходную древнейшую дату (по захоронениям из Менино I – погр. 19, Менино II – погр. V и VIII). Близкие по значению результаты, полученные из разных источников, позволяют отнести к согласованной на их основе дате с немалой долей доверия (табл.).

Сопоставление радиоуглеродных дат по остеологическим материалам Менино и других памятников Северо-Восточной Европы позволило включить погребальные комплексы памятника в систему известных синхронных могильников. Наиболее древние захоронения из Менино II (погр. VIII, I, IV, V, II) и Менино I (погр. 20 и 19) согласуются со временем функционирования раннего этапа погребального комплекса Попово [6]. К этому же периоду, полагает руководитель раскопок А.В. Суворов, можно отнести и тройное погребение 22 из Менино I [4]. Большая часть остальных датированных погребений Менино I (погр. 6, 3, 5, 4 и 13) сопоставима с поздними этапами существования Попово и основными погребальными комплексами Южного Оленьего острова, меньшая часть отражает ранний неолитический период [6, 7].

Погребальный комплекс Менино II функционировал на протяжении более короткого периода, чем Менино I, – об этом свидетельствует сопоставление дат, полученных внутри серии Менино. Помимо разной продолжительности функционирования памятников, важно обратить внимание на тот факт, что из обнаруженных на Менино II восьми погребений пять являются парными, три – одиночными.

Как в первом, так и во втором случае комплексы из одного памятника – это сумма разнообразных по обряду захоронений, которые могут быть объединены традицией погребения в неглубоких ямах плотно “спелёнутых” тел с преимущественной подсыпкой охры в области головы, изредка с сопутствующими орудиями и украшениями. В исследованных комплексах, в равной мере в одиночных и в групповых захоронениях, зафиксированы следы осуществления обрядов, связанных с расчленением тела (некоторые аналогии намечаются при сопоставлении с известным захоронением в Песчанице [6]). Практически во всех парных погребениях Менино I и II отмечено совместное погребение расчленённых и нерасчленённых тел. Одновременно памятник Менино I отличается появлением погребений с ориентацией на северо-запад и уникальными тройными захоронениями (№ 19 и 22), причём одно из них – ярусное (№ 19) – не имеет прямых аналогий среди описанных синхронных погребений [1] (рис. а, б). На этом памятнике были обнаружены и отдельные парциальные захоронения.

Сопоставление половозрастного состава погребённых на этих комплексах демонстрирует

сходные для каменного века тенденции: заметное превышение числа погребённых мужчин по сравнению с числом женщин, практическое отсутствие детских погребений, существование разнородных парных погребений и превалирование одиночных мужских захоронений среди прочих вариантов.

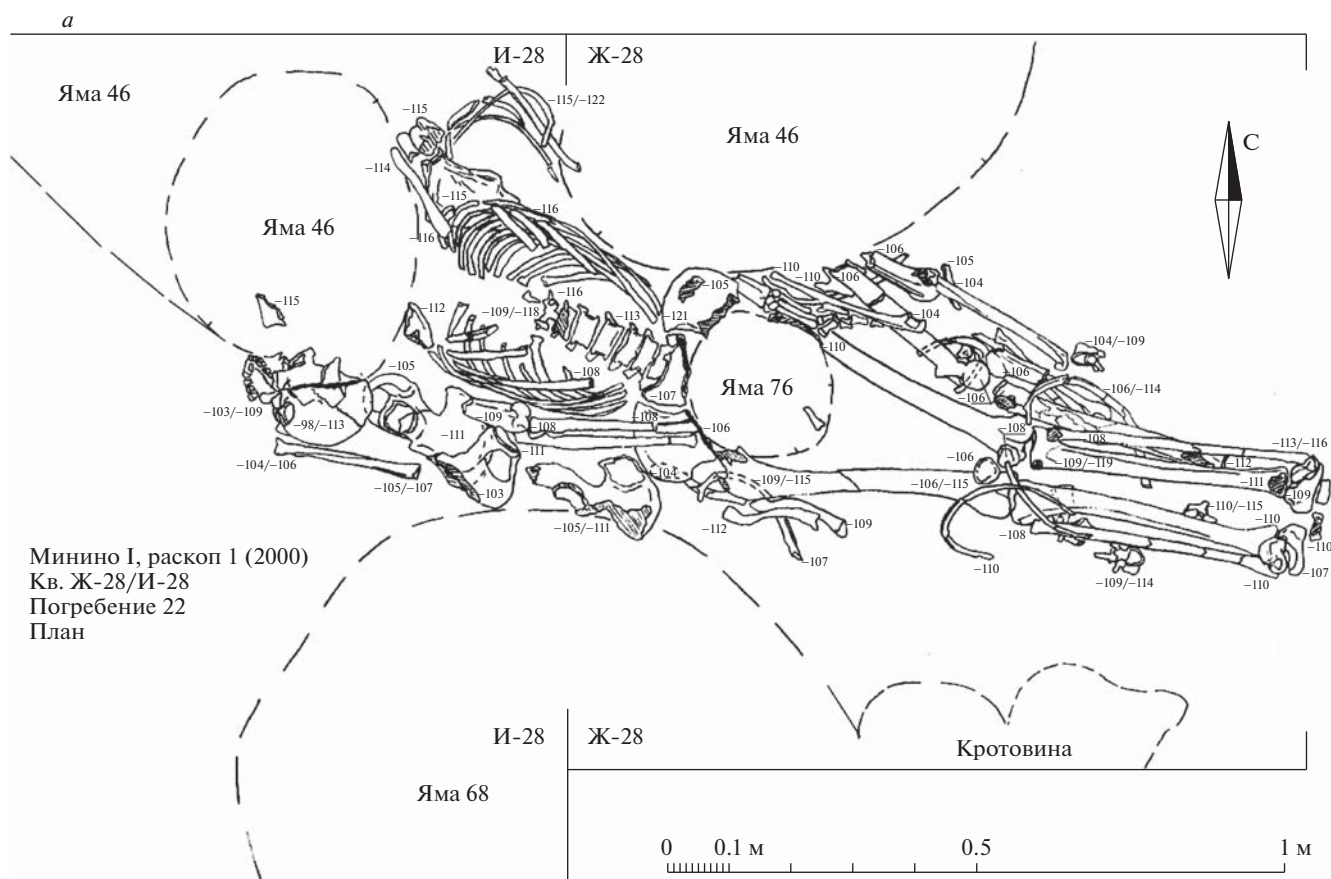
Таким образом, полученная антропологическая выборка представляет собой сумму индивидов, значительно различающихся по времени жизни и, возможно, практиковавших разнообразные погребальные культурные традиции на протяжении трёх тысячелетий – от второй половины мезолита до раннего неолита. Тем не менее тот факт, что все найденные останки принадлежат обитателям мезолитических и ранне неолитических стоянок охотников, рыболовов и собирателей одного географического региона – Кубенозерья, позволяет объединить их в палеогруппу для реконструкции образа жизни на разных этапах каменного века.

**Реконструкция демографических показателей методами палеоантропологии.** Определение пола проводилось по останкам половозрелых индивидов согласно традиционным методам физической антропологии, с учётом развития морфологических особенностей черепа и посткраниального скелета [8–10].

Возраст половозрелых индивидов обозначался широким интервалом, отражающим наиболее существенные этапы развития биологического возраста, а также состояние зубной и скелетной системы. Помимо традиционных методик определения возраста – по степени изношенности зубной коронки, степени облитерации швов черепа и сохранности некоторых крупных суставов костей конечностей и таза – использовались сведения о состоянии корней зубов (развитие вторичного цемента и “прозрачности” корня вследствие регрессивных возрастных процессов) и сочленовных поверхностей позвонков и рёбер [10]. Результаты таких исследований корректировались в зависимости от состояния здоровья обследуемого [11].

По вычисленным показателям среднего возраста смерти в сериях каменного века севера Европы намечается разброс значений от 28.6 до 39.2 года [12]. Группа из комплекса Менино демонстрирует средний показатель 36.6 года, приближаясь к предельным значениям интервала, причём без существенной разницы значений в мужской и женской выборках (средний возраст смерти у мужчин и женщин составляет 36.6 и 37.2 года соответственно).

Поскольку комплекс Менино II по сравнению с памятником Менино I (этапы мезолита–неолита) преимущественно отражает хронологически более узкий и ранний период (в пределах мезолита), мы провели сравнение показателя среднего



Минино I, раскоп 1 (2000)  
Кв. Ж-28/И-28  
Погребение 22  
План

#### Коллективные захоронения Минино

*a* — Минино I, погребение 22 (3 индивида: мужчина — женщина — мужчина); *б* — Минино I, погребение 19 (3 индивида: мужчина — женщина, в области таза женщины череп другого индивида мужского пола). Чертежи выполнены автором раскопок А.В. Суворовым [1]

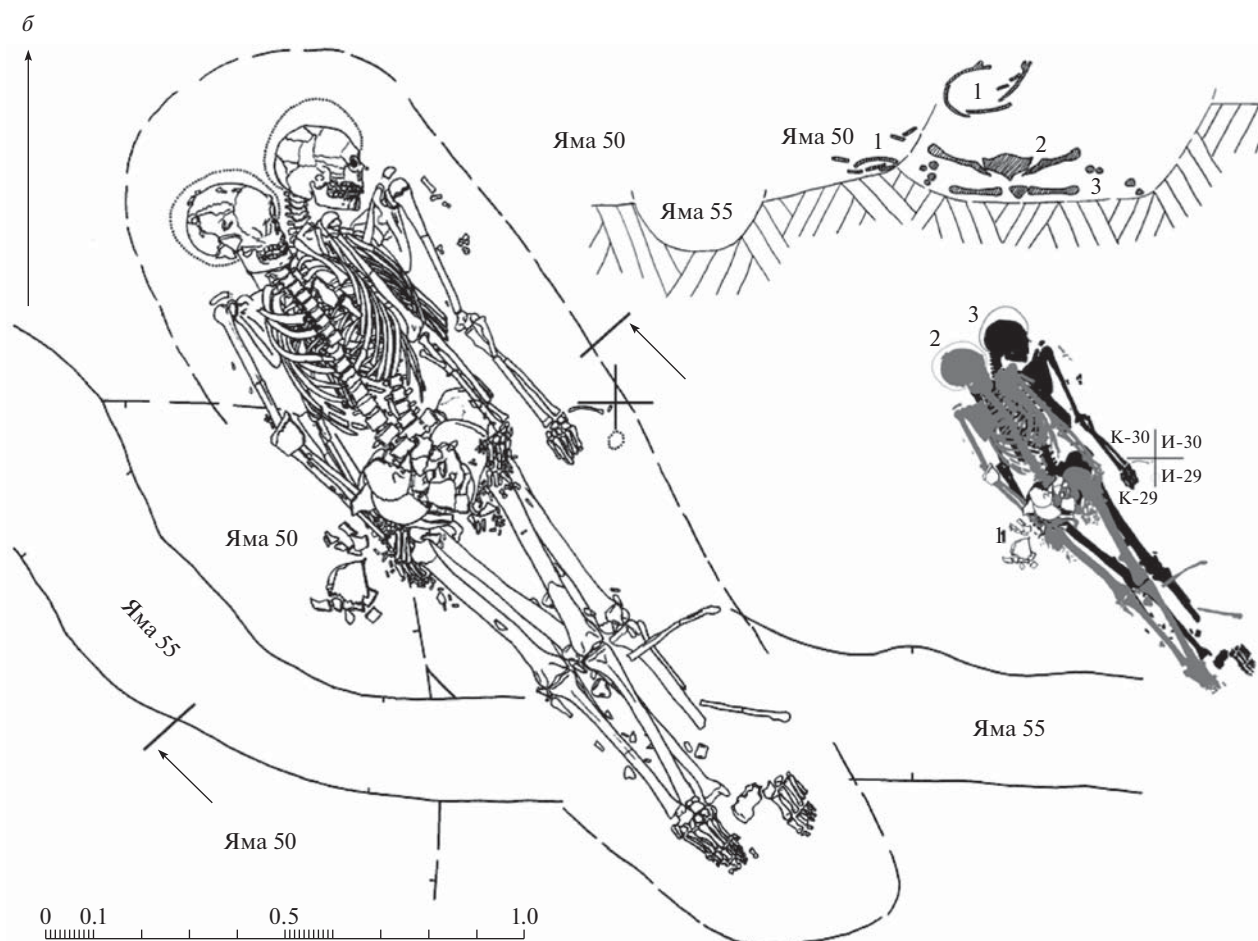
возраста смерти на внутригрупповом уровне. Оказалось, что существует статистически достоверное различие этой демографической характеристики с учётом хронологии. Так, выборка из памятника Минино II показала высокие значения показателя без существенной разницы значений по полу (средний возраст смерти у мужчин и женщин 43.3 и 42.0 года соответственно), а выборка из Минино I — самые низкие значения (средний возраст смерти у мужчин и женщин 34.3 и 32.5 года соответственно).

Не исключено, что население этого региона, обитавшее на ранних этапах мезолита, жило дольше, чем жители финала мезолита — начала неолита. При сравнении среднего возраста смерти в выборках, составленных с учётом дат радиоуглеродного анализа, — ранняя группа (погр. I, II, IV, V, VIII, 19, 20, 22) и поздняя группа (погр. 3, 4, 5, 6, 13) — выяснилось, что индивиды из более поздней хронологической группы проживали свой век быстрее. Отметим: при всей условности сопоставления материалов повторение тенденций как в случае групп из разных по хронологиче-

ской протяжённости памятников Минино I и II, так и в случае выборок с известным хронологическим интервалом косвенно подтверждает правоту тезиса о диахронной изменчивости показателя продолжительности жизни. В синхронной серии из могильника Попово (Каргополье)<sup>1</sup> показатель продолжительности жизни достигает максимальных значений, известных для этого региона [13]. Высокий средний возраст смерти — 39.2 года — демонстрирует также территориально близкая серия из могильника Южный Олений остров. Следовательно, полученные демографические показатели серии Минино для эпохи мезолита вполне согласуются с показателями известных синхронных материалов.

Итак, на ранних этапах освоения региона Кубенозерья население демонстрировало высокие показатели продолжительности жизни, а в фина-

<sup>1</sup> Могильник обнаружен и раскопан С.В. Ошибкиной в 1979 г. у с. Попово Каргопольского района Архангельской области. Сохранность скелетов плохая, в некоторых случаях из-за особенностей погребального обряда наблюдается фрагментарность скелетов погребённых. Материал был изучен И.И. Гохманом.



ле мезолита — начальных этапах неолита эти значения снижаются до уровня средних, характерных для поздних эпох каменного века. Не только демографические методы позволяют выделить обозначенный период. Археологические исследования также указывают, что переход к неолиту — это время очевидного распространения оседлости и роста численности населения. По данным биологии человека, оседлость и рост численности населения, обуславливая биологическую адаптацию к новым условиям среды, существенно влияют на снижение продолжительности жизни.

**Краниологическая характеристика как показатель биоразнообразия в регионе.** Краниометрические признаки измерены согласно общепринятой отечественной программе [9]. Поскольку сохранность черепов в группе плохая, оказалось возможным исследовать главным образом мозговую часть черепа и лишь в отдельных случаях — размеры лицевого скелета. Мужские черепа по численности и сохранности представлены в большем объеме, чем женские, что позволило провести

внутригрупповой и сравнительный анализ с некоторыми синхронными мужскими выборками.

Оценка антропологических вариантов лимитируется в первую очередь сохранностью черепов. Несмотря на очевидную долихокранию, черепа из более поздних эпох кажутся менее узкими по сравнению с мезолитическими находками. Однако это может отражать лишь степень индивидуальной изменчивости в группе. Последнее хорошо заметно при оценке специфики лица: перед нами индивиды как со средневысокими орбитами, среднешироким носом, так и с высокими и среднеширокими орбитами и широким или узким носом. Особенностью серии Минино является уплощенность черепов на верхнем уровне, причём эта тенденция наиболее очевидна для поздних групп.

Сопоставление сохранившихся краниометрических размеров в мужской выборке Минино с известными синхронными сериями Северо-Восточной Европы (Попово, Песчаница, Южный Олений остров и Звениеки) позволяет наметить некоторые тенденции. Во-первых, большая часть



выборки (за исключением индивидов средне-мезолитического периода из погребений 19/3 и V) приближается по главным характеристикам к некоторым черепам из Южного Оленьего острова (погр. 139, 27, 131, 128 и 76). По главным характеристикам — это так называемая I группа, выделенная Ю.Д. Беневоленской по основным размерам мозговой части (продольный, поперечный, высотный), высоте, ширине лица и горизонтальной профилировке [14]. Во-вторых, по продольно-поперечному указателю череп из погребения 5 (Минино I) обнаруживает сходство с черепом из Попово (погр. 3). К сожалению, сохранность этих черепов не позволяет настаивать на дальнейших поисках достоверной близости. В-третьих, черепа из погребений 19/3 и V по характеристикам мозговой части (долихогипси-акрокранная форма) располагаются в одном кластере значений с черепом из Песчаницы, но отчётливо обособляются от него благодаря особенностям лицевого скелета.

Таким образом, проанализированная серия мужских черепов из Минино обнаруживает несомненные сходные черты с синхронным населением ближайших территорий севера Европы. Опираясь на бесспорные культурные аналогии, выявленные С.В. Ошибкиной [6] при обзоре этих памятников, можно выдвинуть гипотезу о бытовании в регионах Прионежья и Прикубенозерья населения со сходным базовым генетическим субстратом.

**Реконструкция социальной активности методами археозоологии и палеопатологии.** По данным археозоологии, состав диких животных на юге Европы отличается от промысла северных охотников, включавшего северного оленя, лося, медведя, кабана и косулю. Нередко на стоянках среди “кухонных остатков” встречаются кости собаки или волка, рыб и водяной полёвки.

На примере памятника Минино становится очевидным, что основными промысловыми видами в эпоху мезолита у населения этого региона были лось, лесная куница, водяная полёвка, волк или собака, разные виды рыб. На более поздних этапах к этому перечню добавляются бобр, лисица и медведь [15].

Преобладание костей бобра, лося и лесной куницы в остеологическом материале мезолитических и неолитических памятников лесной полосы — довольно типичная картина. Обратим внимание на обнаруженные в слоях мезолита остатки водяной полёвки (водяной крысы). Это млекопитающее чаще всего встречается по берегам стоячих или слабопроточных водоёмов. Водяная полёвка ведёт полуводный образ жизни, хорошо плавает, летом нередко устраивает гнёзда над водой в кучах сухого камыша, питается растительной пищей. Находки костей этого вида известны для многих памятников каменного века [16, 17].

Результаты недавних исследований подтверждают, что первобытное население использовало водяную полёвку в пищу, тогда как в более поздние исторические эпохи этот грызун уже не добывался для еды [17].

По имеющимся фрагментарным остаткам псовых, найденных в разных слоях Минино (в мезолите — в погребениях, в неолите — в культурном слое), не удаётся однозначно ответить на вопрос, была или нет здесь приручена собака. По другим источникам, например, по остаткам почти целых скелетов животных из мезолитической стоянки Ивановское VII, точно установлено, что собака постоянно жила рядом с человеком [17].

Таким образом, сопоставление данных археологии и археозоологии даёт основание довольно конкретно говорить о наиболее распространённых промысловых занятиях населения Минино в разные эпохи каменного века. Реконструкция элементов одежды (А.В. Суворов) и определение видов животных, из остатков которых были изготовлены некоторые украшения и орудия труда (О.А. Крылович), указывают на то, что условия жизнедеятельности на севере Европы диктовались особенностями среды, в первую очередь холодным климатом. Вероятно, культурные инновации способствовали успешной адаптации населения в этой части континента. Следовательно, население должно было демонстрировать и элементы успешной биологической адаптации. Наиболее объективными показателями давления среды следует считать демографические параметры — средний возраст смерти и половозрастное соотношение в группе. Анализ значений среднего возраста смерти с учётом хронологии позволяет сделать заключение о наличии благоприятных условий на ранних этапах заселения этого региона, что отразилось в высоких показателях продолжительности жизни. Позднее жители Кубенозерья демонстрируют снижение продолжительности жизни, что, вероятно, отражает влияние факторов роста численности населения и намечающейся оседлости на финальных этапах мезолита — начальных этапах неолита.

Анализ маркеров физиологического стресса даёт неоднозначную картину негативного влияния среды. В целом реконструируются суровые условия жизни и определённая сезонность в формировании стрессоров. Так, о возможных непродолжительных сезонных стрессах (наиболее вероятно, холодных периодах) говорит распространённый среди жителей Минино процесс ростовых задержек в детском возрасте (реконструкция по наличию линий Гарриса на большеберцовых костях взрослого населения методом микрофокусного рентгена). Линии Гарриса встречаются в 80% случаев, причём среднее число линий колеблется в интервале 7–11 единиц на метафизарную область. При прямом сравнении с другим маркером ростовых

задержек — эмалевой гипоплазией, свидетельствующей о перенесённых острых инфекциях и других болезнях в детском возрасте, — выяснилось, что он практически не встречается в серии. Именно эта несогласованность проявления двух маркеров в группе косвенно указывает на сезонность выявленных непродолжительных стрессов в детском возрасте, связанных, скорее всего, с недостатком питания в холодное время года, а не с болезнями [12].

Рентгенографический анализ трубчатых костей верхних и нижних конечностей был проведён ещё и для оценки индекса компактизации, вычисляющегося по специальной формуле, позволяющей оценить степень развития кортикальной ткани и границ расширения медуллярного канала (костномозговое пространство). В антропологии этот индекс используется для реконструкции последствий физиологического стресса, в том числе холодного климата. Существует мнение, что при влиянии значительных низких температур на организм человека в результате очевидных морфофизиологических изменений в трубчатых костях расширяется костномозговой канал при заметном снижении границ кортикальной ткани. Такая тенденция была прослежена, например, при изучении длинных костей эскимосов. Сравнительный анализ индекса компактизации показал, что индивиды Минино демонстрируют тенденцию к формированию двух возможных реакций на холодное воздействие среды. В первом случае это вариант реакции, наиболее близкий индивиду 1 из Сунгиря, исследованному М.Б. Медниковой [18]. Он характеризуется низкими значениями индекса, то есть на фоне среднего медуллярного канала фиксируются средние значения кортикальной ткани. Вторая группа индивидов демонстрирует близость к сериям Южный Олений остров и Чёрная гора. Они характеризуются той же шириной медуллярного канала, что и первый вариант, но отличаются более значительной величиной кортикальной ткани. Следует обратить внимание, что во втором случае величина индекса располагается в интервале значений, определяемых для современной мордвы и русского населения. Как можно предположить, опираясь на эти данные, уже на границе мезолита и неолита на Русской равнине был сформирован определённый вариант функции кроветворения, характерный для современных жителей умеренной климатической зоны.

Реконструкция физических нагрузок свидетельствует, что у людей, погребённых в мезолитических и неолитических захоронениях Минино, образ жизни был связан с тяжёлой физической работой, нередко в условиях низких температур, приводящих к травмам мышц, так называемым миозитам (переохлаждение мышц при тяжёлых физических нагрузках). Оценка развития костного рельефа в местах прикрепления мышц и связок показала чрезвычайную развитость икроножных

мышц мининцев. Следовательно, для этого населения были характерны регулярные длительные передвижения по местностям. Дополнительный анализ прижизненных ранений обнаружил практическое их отсутствие за исключением единичных вариантов заживших переломов костей предплечья, ключицы и пр., которые можно трактовать как последствия бытовых травм при активных физических нагрузках.

О тяжести и продолжительности физических нагрузок свидетельствуют случаи вторичного венозного застоя (преимущественно последствия тромбозов), выраженные на костях нижних конечностей в виде так называемой шнуровой борозды и в увеличении продольной исчерченности медиальной поверхности большеберцовой кости. Заметим, что этот признак характерен для молодых мужчин, то есть не может быть объяснён влиянием возрастных перестроек.

Сравнительный анализ синхронных групп выявил сходные тенденции негативного влияния тяжёлых физических нагрузок. Так, по мнению В.Я. Дэрмса [19], в мезолитических группах Прибалтики встречаются случаи деформирующего артроза, связанного, возможно, с элеваторными нагрузками на позвоночник, отмечены краевые разрастания и межпозвоночные грыжи (Звениеки, погребения № 48, 58, 153 и др.). На примере одного из индивидов Звениеки (погребение № 14) фиксируются значительные физические нагрузки на нижние конечности, которые приводят к особой перестройке архитектурной компоненты костной ткани. Очевидно, охотникам этой ландшафтной зоны, помимо частых элеваторных нагрузок, приходилось совершать довольно долгие пешие переходы, нередко с переносом тяжестей.

Специальный анализ сохранности зубных коронок показал, что мужчины Минино часто использовали зубы в качестве “третьей руки”. Были зафиксированы специфические однонаправленные (не связанные с возрастом) стёртости жевательной поверхности коронок коренных зубов, характерные сломы коронок. Функциональная стёртость коронок передних зубов как верхней, так и нижней челюстей была обнаружена при обследовании зубных патологий серии Южный Олений остров (погр. 31, 52, 60, 67, 75, 94, 111, 153, 158 и др.).

В мезолитической серии Звениеки (погребения № 17, 39, 40, 63), как и в группе Попово, отмечено несколько случаев абсцесса из-за чрезвычайной нагрузки на зубы, причём у трёх индивидов из прибалтийского комплекса фиксируются следы осложнённого кариеса [19, 13]. В серии Южный Олений остров мы отметили признаки воспаления пульпы и альвеолы (одонтогенный остеомиелит) в области второго предкоренного зуба мужчины зрелого возраста из погребения 136 и в области первого коренного у индивида из погребения 60 (женщина зрелого возраста).

Д.Г. Рохлин, консультировавший В.П. Якимова [20] по некоторым палеопатологическим находкам, объясняет случаи прижизненного выпадения двух коренных зубов у женщин зрелого возраста из погребений 93 и 142 функциональной нагрузкой и действием одонтогенного остеомиелита. Заметим, что такого рода повреждения нередко отмечаются у древнего и исторического населения Арктической зоны вследствие активного использования зубочелюстного аппарата в качестве “третьей руки”, например, при отделке шкур промысловых животных [21].

**Реконструкция типа диеты методами микроэлементного, изотопного анализа и палеопатологии.** Среди обследованных индивидов в выборке Минино практически нет зубных патологий за исключением незначительного зубного камня в молодом возрасте, который указывает на специфическое питание населения. Это могла быть вязкая пища с низким уровнем кислотности, возможно, белкового происхождения. Особенности подобного рода диеты характерны, например, для эскимосов, практикующих высокопротеиновое питание. На основании результатов исследования микроэлементного состава костной ткани были получены исчерпывающие доказательства белковой диеты у населения Минино [22].

Методом главных компонент (оценка близости) проведён сравнительный анализ микроэлементного состава. Он опирался на индивидуальные данные по сериям Минино и Попово, полученные М.В. Добровольской [22] при оценке распределения микроэлементов меди, цинка и стронция, и учитывал соответствующие особенности, выделенные для палеолитической группы Сунгирь. В результате обнаружено два устойчивых варианта диеты. Первый близок типу питания сунгирского мужчины (Сунгирь 1). С помощью разнообразных методических подходов удалось установить его основные характеристики: значительное преобладание мяса наземных животных и относительно незначительные включения растительной пищи [23]. К этому варианту диеты тяготеют индивиды из Минино (погр. 19, инд. 3 и погр. 15) и Попово (погр. 6 и 9). Прототипом такой диеты можно считать и питание ещё одного индивида из Попово (погр. 8).

Другой вариант питания с преобладанием мяса наземных животных, но в меньших, чем в случае первого типа, количествах и относительно чуть большей по сравнению с первым вариантом долей растительной пищи характерен для девочки из Сунгиря (Сунгирь 3) [23, 24]. К этому типу диеты тяготеют индивиды из Минино (погр. 3, 5, 16, 19 — инд. 2 и в несколько меньшей степени погр. 11 и 13). Заметим, что выделенные группы не коррелируют с хронологической атрибутикой погребённых, так же, как и с географией погребённых комплексов. В целом население как Минино, так и Попово — люди, предпочитавшие мясо наземных животных.

Дополнительное исследование, включившее практически всех индивидов серии и основанное на реконструкции диеты методом изотопного анализа азота и углерода, показало, что к началу неолита население активно потребляло в пищу рыбу [5]. Для оценки близости вариантов питания отдельных индивидов был осуществлён анализ с привлечением индивидуальных данных по распределению изотопов азота и углерода. Как и в предыдущем случае, у населения Минино удалось выявить два устойчивых варианта диеты, но, в дополнение к этому, ещё и тенденцию к употреблению речной рыбы. Эта тенденция отчётливо проявляется только для населения завершающих хронологических этапов. Последнее обстоятельство зафиксировано не благодаря более обширным возможностям этого метода, а из-за того, что в анализе изотопов использованы практически все индивиды серии, в то время как при анализе микроэлементов — менее 2/3 группы.

Таким образом, в результате применения методов палеопатологии, изотопного и микроэлементного анализа состава костной ткани удалось реконструировать тип диеты населения, проживавшего в одном регионе на протяжении трёх тысячелетий — от мезолита до начала неолита. Оценка характера диеты отражает динамику перехода от питания с преобладанием мяса наземных животных к питанию с преобладанием пресноводных рыб. Привлечение данных археозоологии и палинологии позволяет заключить, что этот переход проходил в отсутствие изменений окружающей среды, а значит, и климата. Другими словами, новые пищевые привычки населения обуславливались сменой образа жизни — формированием полуседлости.

\*\*\*

Перечислим важнейшие результаты рассмотренных исследований, указывая методологическую базу их получения. Сопоставление данных археологии, археозоологии и физической антропологии ясно показывает: население Минино — это в первую очередь группа охотников, промысловыми пищевыми видами для которых были наземные млекопитающие и отчасти рыба. Как подтверждает не только оценка артефактов, но и методы радиоуглеродного датирования и палинологии, в изучаемом регионе население проживало на протяжении трёх тысячелетий каменного века в условиях отсутствия серьёзных изменений природного окружения. При этом со стороны физической антропологии не получено данных, говорящих в пользу наличия каких-то специфических биологических особенностей, отличающих людей из Минино от синхронных групп севера равнины. Поэтому эти группы, по всей видимости, представляют собой отдельные элементы единого антропологического субстрата региона.

По данным палеопатологии, древние жители Минино не страдали хроническими заболеваниями зубной и костной систем, как и хроническими инфекциями. Исследованная выборка демонстрирует незначительный процент встречаемости маркеров физиологического стресса, указывающих на преодоление острых лихорадочных заболеваний в детстве. Рентгенологический анализ, как и морфологический, предоставил весомые доказательства тяжёлых физических нагрузок в условиях переохлаждения. Эта биологическая оценка сезонности негативных факторов среды лишь подтверждает особенности быта охотников (они не противоречат данным современной этнографии), что подкрепляет археологическую реконструкцию более или менее объективной аргументацией на основании собранных фактов.

Результаты археологических исследований убеждают, что население Минино успешно владело разнообразными навыками и технологическими приёмами в эпоху мезолита. Это видно на примере изготовления сложного убранства одежды, разнообразных костяных нашивок, предметов вооружения и орудий охоты [1]. Особенный интерес вызывает динамика изменения демографических параметров, изменение образа жизни и коррелирующая с этим специфика диеты, отражающие сложность процесса социальной адаптации населения в столь древние периоды.

Все полученные свидетельства образа жизни древних охотников-собирателей могли быть «прочитаны» только при комплексном анализе антропологических и зоологических остатков с применением различных естественно-научных методов в археологическом контексте, что в полной мере отражает методологию современной археологии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров Н.А., Захаров С.Д., Суворов А.В. От мезолита до раннего железного века // Взгляд сквозь тысячелетия (шесть лет исследования Мининского археологического комплекса). Вологда: Древности Севера, 2001.
2. Макаров Н.А., Зайцева И.Е. Мининский археологический комплекс: погребальные памятники // Археология севернорусской деревни X—XIII веков. Средневековые поселения и могильники на Кубенском озере / Под ред. Н.А. Макарова. Т. 1. Средневековые поселения и могильники. М.: Наука, 2007. С. 130—184.
3. Суворов А.В. Могильник Минино I на Кубенском озере по материалам работ 1993, 1996 гг. // Тверской археологический сборник. 1998. Вып. 3. С. 193—202.
4. Суворов А.В., Бужилова А.П. Неординарные погребальные комплексы каменного века у д. Минино на Кубенском озере // OPUS: Междисциплинарные исследования в археологии. 2004. Вып. 3. С. 41—54.
5. Wood R., Higham T., Buzhilova A. et al. Freshwater Radiocarbon Reservoir Effects at the Burial Ground of Minino, Northwest Russia // Radiocarbon. 2013. V. 55. P. 163—177.
6. Ошибкина С.В. Мезолит Восточного Прионежья. Культура Веретье. М.: Наука, 2006.
7. Зайцева Г.И., Тимофеев В.И., Загорская И., Ковалюх Н.Н. Радиоуглеродные даты памятников мезолита Восточной Европы // Радиоуглерод и археология. 1997. Вып. 2. С. 4—12.
8. Алексеев В.П., Дебец Г.Ф. Краниометрия. Методика антропологических исследований. М.: Наука, 1964.
9. Алексеев В.П. Остеометрия. Методика антропологических исследований. М.: Наука, 1966.
10. Bass W.M. Human osteology. A laboratory and Field Manual. 4th edition. Columbia: Missouri Archaeological Society, 1995.
11. Бужилова А.П. Палеопатология в биоархеологических реконструкциях // Историческая экология человека: Методика биологических исследований. М.: Старый Сад, 1998. С. 87—146.
12. Бужилова А.П. Homo sapiens: история болезни. М.: Языки славянской культуры, 2005.
13. Гохман И.И. Новые палеоантропологические находки эпохи мезолита в Каргополье // Проблемы антропологии древнего и современного населения севера Евразии. Л.: Наука, 1984. С. 6—27.
14. Беневоленская Ю.Д. К вопросу о морфологической неоднородности краниологической серии из могильника на Южном Оленьем острове // Проблемы антропологии древнего и современного населения Севера Евразии. Л.: Наука, 1984. С. 37—54.
15. Бужилова А.П., Суворов А.В., Крылович О.А. К вопросу о реконструкции образа жизни населения поздних эпох каменного века (по материалам археологического комплекса Минино на Кубенском озере) // КСИА. 2008. № 222. С. 1—18.
16. Верещагин Н.К., Русаков О.С. Копытные Северо-Запада СССР (история, образ жизни и хозяйственное использование). Л.: Наука, 1979.
17. Карху А.А., Кириллова И.И., Жилин М.Г. Охотничий промысел древнего населения стоянки Ивановское VII // Новейшие археозоологические исследования в России. М.: Языки славянской культуры, 2003. С. 137—156.
18. Медникова М.Б. Рентгеноморфология детей из погребения 2 // Homo sungirensis. Верхнепалеолитический человек: экологические и эволюционные аспекты исследования. М.: Научный мир, 2000. С. 286—298.
19. Дэрумс В.Я. Болезни и врачевание в древней Прибалтике. М.: Наука, 1970.
20. Якимов В.П. Антропологические материалы из неолитического могильника на Южном Оленьем острове // Сборник Музея антропологии и этнографии. Вып. XIX. М.—Л., 1960. С. 221—358.
21. Merbs C.F. Patterns of activity induced pathology in Canadian Inuit population. Ottawa: National Museums of Canada, 1983.
22. Добровольская М.В. Человек и его пища. М.: Научный мир, 2005.
23. Козловская М.В. Результаты химического анализа костной ткани подростков Сунгирь 2 и Сунгирь 3 //

*Homo sungirensis*. Верхнепалеолитический человек: экологические и эволюционные аспекты исследования. М.: Научный мир, 2000. С. 299–301.

24. *Козловская М.В.* Питание мезолитического населения севера Европейской части России: природные и культурные традиции // Контактные зоны Евразии на рубеже эпох. Самара: Инсома-Пресс, 2003. С. 51–52.

*После выступления А.П. Бужилова ответила на вопросы.*

**Академик РАН А.С. Бугаев:** Поясните, какой смысл вы вкладываете в понятие “биологический возраст”. Медики определяют биологический возраст по функциональным возможностям, на основе исследования тканей и т.д., а как это делают исторические антропологи?

**А.П. Бужилова:** Мы, безусловно, ограничены в возможностях по сравнению с медиками, которые пользуются дополнительными методами, связанными с исследованием артериального давления, функциональных особенностей скелета, его нагрузок и пр. Наша оценка строится на основании анализа скелетного возраста, данных морфологии и рентгенологии, а также, когда речь идёт о детях и подростках, — по зубному возрасту. Антропологи, изучающие современное население, полагают в противовес многим медикам, что наиболее достоверные результаты могут быть получены путём исследования скелетного возраста. Мы также опираемся прежде всего на эти данные, поскольку они позволяют рассматривать показатель в динамике и проводить сравнение между различными хронологическими периодами онтогенеза.

**Академик РАН Р.И. Нигматулин:** Два года назад из доклада директора Института общей генетики РАН я узнал, что русские — это не славяне, а татары — не тюрки, у истоков формирования обоих этносов стоят угро-финские племена, различавшиеся только языком. Исследовались ли ва-

шим коллективом генетические связи древних людей с современными этносами?

**А.П. Бужилова:** Я намеренно избегала упоминания результатов генетического анализа, относящихся к этнической интерпретации, поскольку, как мне представляется, для эпох каменного века это не совсем корректная интерпретация. Являясь биологом, я определяю современное человечество как единый биологический вид, поэтому для меня важно отметить те выводы, к которым приходят молекулярные генетики и палеогенетики, секвенируя митохондриальную и ядерную ДНК, а в отдельных случаях, при хорошей сохранности органики, реконструируя метагеном отдельного человека, и которые подтверждают общность генетического фонда людей древних эпох. Сформированная на сегодня база данных свидетельствует об удивительно узком полиморфизме, характерном для людей каменного века, в частности населения Минина. Это значит, что все мы исходим из некоей условной, достаточно малочисленной выборки, для развития которой, по мнению антропологов, необходимы как минимум 8 тыс. особей женского пола, дающих потомство. Одна и та же митохондриальная группа присутствует и у древних жителей Северо-Восточной Европы, и у тех, кто проживал на северо-западе континента, а если, например, рассматривать цвет кожи, то мы обнаружим, что среди поселенцев из Минина 10 тыс. лет назад встречались люди с цветом кожи, отличающим сегодня жителей экваториальной области — Африки, Индии, Австралии. Поэтому я считаю некорректным говорить об этносах с высоты этих лет.

**Р.И. Нигматулин:** Названная вами выборка — это наши предки?

**А.П. Бужилова:** Да, и у всех современных жителей Европы (я имею в виду коренные народности) присутствуют указанные митохондриальные линии.

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРЕПЯТСТВИЯ НА ПУТИ РАЗВИТИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ АНТРОПОЛОГИИ И АРХЕОЛОГИИ В РОССИИ

### ОБСУЖДЕНИЕ НАУЧНОГО СООБЩЕНИЯ

А.П. Бужилова подробно осветила роль и возможности физической антропологии в реконструкции археологических памятников, отметила доктор исторических наук **М.Л. Бутовская** (Институт антропологии и этнологии РАН), и в дополнение стоит подробнее остановиться на ещё одном конгломерате исследований, имеющих специфическое значение для изучения особенностей социальной организации, общественных от-

ношений и образа жизни древних людей. Речь идёт о трудах этнографов, социальных антропологов и представителей такой молодой науки, как этология человека. С учётом обобщённых данных, получаемых в ходе наблюдения за современными традиционными обществами, может проводиться моделирование поведения охотников и собирателей эпох палеолита, мезолита и неолита. И если классическая этнография делала акцент



на реконструкции социальной организации, статусных и межгрупповых отношений, то сегодня всё больше внимания уделяется вопросам экологии повседневности и специфики культурных установок, причём именно тех, которые связаны с закономерностями поведения человека как биологического вида.

М.Л. Бутовская конкретизировала заявленный тезис на примере исследования особенностей питания и разделения труда по половому признаку, а также вклада каждого из родителей в заботу о детях у африканских охотников-собираателей, с изучением которых связана её научная деятельность. Принято классифицировать эти племена как эгалитарные, однако детальные наблюдения показывают невозможность равенства при разделении пищевых ресурсов. Женщины в таких обществах занимаются преимущественно собирательством и добывают большую часть растительной пищи, в то время как мужчины — большую часть животной пищи. По этой причине доля растительной и животной пищи в рационах женщин и мужчин разнится: женщины употребляют пищу растительного происхождения уже в процессе её сбора, а мужчины обязаны пробовать добытое на охоте мясо до того, как доставить его на место стоянки. Такая обязанность закреплена в традиции ритуальной мужской трапезы, в ходе которой охотник благодарит свою дичь и должен отведать её сам и угостить членов своей группы, прежде всего родственников, разделяя с ними успех охоты. Взаимообмен при последующем разделении пищевых ресурсов тоже представляет собой миф. Во-первых, основная доля добычи приносится охотником в собственную семью, особенно при наличии детей младшего возраста, во-вторых, оставшаяся после этого пища не разделяется строго поровну между всеми членами сообщества — предпочтение отдаётся друзьям и родственникам. При этом под друзьями, пояснила М.Л. Бутовская, понимаются те, кто связан между собой как минимум четвёртой степенью родства. Это подтверждает гипотезу об определяющей роли родственного отбора и взаимного альтруизма, ассоциированного с родственным отбором, и опровергает представление о традиционном племенном обществе как некоем “золотом веке” человечества.

Исследования современных обществ охотников-собираателей опровергают ещё целый ряд расхожих представлений. Так, неверным является тезис о преимущественной роли родителей в заботе и, следовательно, выживании детей. Значительная доля пищевых ресурсов обеспечивается не родителями, а бабушками, они же принимают на себя существенную часть воспитательных функций. Ещё один миф, который должен быть развенчан, — большая заинтересованность родственников по материнской линии в выживании ребёнка, особенно ребёнка женского пола. В действительности бабушки по мужской линии также

больше заботятся о девочках, нежели о мальчиках, что, по словам М.Л. Бутовской, может быть объяснено на генетическом уровне. В заключение она прокомментировала факт численного перевеса в древних захоронениях в сторону мужчин, на который указала в своём выступлении А.П. Бужилова. И для охотников-собираателей, и для скотоводческих обществ общей особенностью является традиция не хоронить детей (за редким исключением представителей статусных семей), бездетных женщин, а также молодых мужчин, ещё не вступивших в брак и не имеющих высокого социального статуса.

Доктор исторических наук **М.В. Добровольская** (Институт археологии РАН) отметила, что междисциплинарный подход, реализуемый уникальным коллективом, который представляет А.П. Бужилова, — залог актуальности проводимых исследований и достоверности получаемых результатов. Такой подход наследует давние традиции отечественной науки. Можно, например, указать на изданную в 1880-х годах коллективную монографию, посвящённую жителям Приладожья. Её соавторами выступили лучшие археологи, геологи, зоологи того времени, а инициатором работы стал геолог-минералог профессор Санкт-Петербургского университета А.А. Иностранцев. Вместе с тем перспективы подобных исследований вызывают серьёзную озабоченность, связанную прежде всего с отсутствием соответствующей инфраструктуры. Так, датирование останков по небольшому количеству костной ткани приходится проводить за пределами России, обращаясь в зарубежные лаборатории. Поскольку коллективные могильники ставят перед учёными проблемы синхронности захоронений, а анализ погребальной обрядности во многих случаях приводит к гипотезам о практике повторных захоронений, которые необходимо проверять, нужно, сказала М.В. Добровольская, задуматься о создании в нашей стране современного центра радиоуглеродного датирования. Появление такого элемента отечественной научной инфраструктуры открыло бы возможность систематического датирования, а значит, и корректной интерпретации археологического материала.

Проведённые исследования и представление их результатов на заседании Президиума РАН — большое событие для физической антропологии, а также существующего в её рамках направления — так называемой биоархеологии, подчеркнула доктор исторических наук **М.Б. Медникова** (Институт археологии РАН). У истоков этого направления в нашей стране стоял академик В.П. Алексеев, четверть века назад основавший в Институте археологии РАН, который он тогда возглавлял, лабораторию с целью развития подобных междисциплинарных исследований. В выступлении А.П. Бужиловой, одной из последних учениц В.П. Алексеева, был замечательно отражён алгоритм многоуровневого междисциплинарного ис-

следования, строящегося вокруг изучения человеческих останков. Методологически археологи, заметила М.Б. Медникова, иногда работают как судебные медики: полученные ими данные ещё не вписаны в археологический контекст, и только предстоит узнать, откуда произошли люди, которым принадлежат останки, какой они вели образ жизни, каким отличались поведением и т.д. В этом непростом деле востребованы различные исследовательские направления, в частности, палеопатология, одним из основоположников и ведущих представителей которой является А.П. Бужилова, — наука о болезнях древних людей, болезнях, которые способны очень многое поведать об условиях и образе жизни наших предков. Сегодня, например, становится ясно, какую цену заплатило человечество за освоение северных территорий: зафиксированы случаи стопроцентной смертности младенцев в некоторых популяциях.

М.Б. Медникова также подчеркнула важность применения современных естественно-научных методов. Например, изотопные исследования костной ткани позволяют не только датировать останки, но и определять рацион древнего человека — преимущественное потребление им растительной или животной пищи. Ещё одно перспективное направление — микрофокусная радиография, выполняющаяся на базе Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета, компьютерная томография и микрофотография, благодаря которым появляется возможность работать с образцами, прежде всего гистологическими, при большом увеличении — до уровня микрометров, и получать таким образом крайне интересные данные неdestructивными способами.

Завершая выступление, М.Б. Медникова обратилась к коллегам — химикам, физикам, медикам — с призывом развивать сотрудничество. Академическая наука накопила огромный потенциал, но для его реализации необходимо интенсивное междисциплинарное взаимодействие.

К вопросу о вкладе исследований современно-го населения в реконструкцию образа жизни древних людей, поднятому М.Л. Бутовской, обратился доктор биологических наук **А.В. Тиунов**, руководитель Центра коллективного пользования “Масс-спектрометрические исследования” (ЦКП изотопного анализа) Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. Возглавляемый им ЦКП был основан в 2007 г. и с тех пор ведёт активную работу, в том числе совместную с Институтом археологии РАН. К самым значимым исследованиям центра можно отнести изотопный анализ коллагена так называемого денисовского человека и неандертальских групп с территории Алтая. В настоящее время, заметил А.В. Тиунов, изотопный анализ, позволяя довольно дёшево получать огромные массивы естественно-научных данных о древних, в частности вымерших, популяциях, формиро-

вать из них международные информационные системы с открытым доступом и затем занимать-ся их интерпретацией с применением обеспечивающих достаточно надёжные результаты методов, начинает играть одну из ведущих ролей в реконструкции образа жизни древних людей. Однако он должен непременно дополняться современными полевыми исследованиями. Их актуальность обусловлена тем, что древние люди и наши современники, по словам А.В. Тиунова, связаны одним ландшафтом, одной территорией, а значит, близкими условиями проживания. И если культурные традиции за минувшие тысячелетия претерпели существенные изменения, то физиология изменилась не столь существенно, а главное, сохранились ареалы, где человек продолжает столь же тесно взаимодействовать с окружающей средой. Вместе с тем, подчеркнул А.В. Тиунов, в эпоху глобализации таких островков становится всё меньше, и в этом смысле надо пользоваться существующими возможностями. Подобный подход обещает закрыть те пробелы, которые остаются после сбора всех естественно-научных данных.

Поддержав общее мнение о прорывном значении естественно-научных методов для развития исторической антропологии, превратившейся благодаря этому в целый конгломерат научных направлений, А.В. Тиунов напомнил, что нельзя забывать и о собственных, внутренних механизмах развития каждой дисциплины, характеризующейся своими специфическими предметом, материалом, методами и теориями. Но это не отменяет необходимости совершенствовать техническую базу. Принципиальность данного вопроса становится очевидной, если вспомнить, что в 1960-х годах радиоуглеродное датирование требовало объёмов органического материала порядка сотни граммов, то есть нужно было пускать на переработку большое количество бесценного материала. Ускорительная масс-спектрометрия произвела в этой области настоящую революцию — необходимый минимум органического фрагмента для датирования снизился до 1 мг. В мире сегодня имеются сотни ускорительных масс-спектрометров, в России — ни одного. Конечно, он стоит порядка 18 млн. долл., и это большая сумма для отдельного учёного или научного коллектива. Но для такой страны, как Россия, сумма вполне подъёмная. В 2012 г. было объявлено о запуске российского ускорительного масс-спектрометра в Сибири, но в действительности он не работает, пояснил А.В. Тиунов и обратился к Президиуму РАН с просьбой поспособствовать в решении столь острой проблемы, непосредственно касающейся не только археологов, но и представителей других областей науки.

Академик РАН **Н.П. Лавёров** поддержал А.В. Тиунова, признав, что Россия утрачивает потенциал в области масс-спектрометрической техники, предназначенной для исследовательских

задач, и предложил рассмотреть вопрос о том, нельзя ли наладить собственное производство. Например, на Экспериментальном заводе научного приборостроения РАН (ЭЗАН) в результате реализации совместного проекта “Росатома” и ряда академических институтов налажено производство технологических масс-спектрометров для нужд атомной энергетики и промышленности. Необходимо выяснить, располагает ли ЭЗАН потенциалом для выпуска в будущем и других масс-спектрометров. Сегодня же для научных целей пригодны только приборы зарубежного производства. А вместе с тем надо понимать, что приборов требуется довольно много. Например, в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН размещается сразу несколько масс-спектрометров. Это обусловлено тем, что каждый из них должен быть настроен на определённые изотопные отношения, невозможно постоянно перенастраивать одно и то же оборудование. В то же время развитие собственного производства не избавит от необходимости приобретать уникальные приборы, задающие стандарты, которые обеспечивают достоверность результатов, полученных на других масс-спектрометрах, подытожил Н.П. Лавёров.

Россия располагает одними из самых богатых в мире антропологических коллекций, напомнил доктор исторических наук **Ю.К. Чистов**. Они размещаются, в частности, в возглавляемом им Музее антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН (Кунсткамера) и НИИ и Музее антропологии МГУ им. М.В. Ломоносова, которым руководит А.П. Бужилова. Антропологические центры существуют и за пределами Москвы и Санкт-Петербурга — в Поволжье, Приуралье, Сибири. Своим появлением они обязаны деятельности таких учёных, как академики В.П. Алексеев и Т.И. Алексеева. Вместе с тем деятельность учёных связана с немалым количеством проблем, обусловленных отсутствием понимания, в том числе и внутри научного сообщества, значения хранения останков древнего человека в музеях и научных институтах. Одновременно в последние годы в связи с прогрессом естественно-научных методов интерес к имеющемуся антропологическому материалу (а в случае Кунсткамеры это останки неолитического, мезолитического, верхнепалеолитического человека и неандертальца) существенно вырос со стороны зарубежных коллег. Сотрудничество оказывается очень продуктивным, одним из примеров является опубликованная в 2014 г. в журнале “Science” (V. 346. № 6213. P. 1113–1118) статья, посвящённая результатам секвенирования генома верхнепалеолитического человека из могильника Костёнки и ставшая международной сенсацией. Вместе с тем при взаимодействии открывается обсуждавшаяся проблема отставания российской науки в области проведения ряда исследований. И это тогда, когда в Оксфорде построен огромный лабораторный комплекс, включающий спе-

циальное здание, минимизирующее влияние на артефакты окружающей среды, в Германии системные антропологические исследования проводит созданный в конце 1990-х годов Институт эволюционной антропологии Общества Макса Планка, существует крупный центр при Музее естественной истории в Дании и т.д. Мировая практика подсказывает, что особое внимание следует уделять просвещению и популяризации. Если раньше директора крупнейших мировых музеев часто жаловались, что люди не хотят смотреть на скелеты древних людей, то сегодня при обилии новых захватывающих данных устраиваются блестящие выставки, вызывающие большой резонанс. Отечественная антропология должна идти в ногу с мировой, полноценно и на равных участвуя в международной исследовательской работе и популяризации её результатов, заключил Ю.К. Чистов.

Академик РАН **Н.А. Макаров** заявил, что, несмотря на все справедливо обозначенные проблемы, российская антропология за десятилетия, прошедшие с момента начала формирования под руководством В.П. Алексеева нового направления, добилась огромных результатов. Если ещё 20 лет назад отечественные антропологи оперировали в основном данными зарубежных коллег и опирались на их разработки, то сегодня они располагают собственным материалом — сведениями об образе жизни, пищевом поведении, болезнях скифов, греков Северного Причерноморья и древних жителей Карелии. Н.А. Макаров особо подчеркнул важность данных, относящихся к успешному опыту освоения северных районов в различные периоды истории человечества. Погребения, о которых упоминалось в научном сообщении, в этом смысле имеют огромное символическое значение — это первые люди, пришедшие на Север в конце последнего ледникового периода. Что касается трудностей, особенно с обеспечением собственной техникой радиологического датирования, то их преодоление требует моральной и политической и уже, как следствие, финансовой поддержки, заключил Н.А. Макаров.

Завершая дискуссию, президент РАН академик **В.Е. Фортов** предложил тематическим отделениям РАН заняться составлением перечня необходимого оборудования, с тем чтобы затем представить его в Правительство РФ. В каждой области наметились инфраструктурные, технические ограничения, препятствующие продвижению российской науки или делающие её неконкурентоспособной. Подобная экспертиза и предложения входят в компетенцию реформируемой Российской академии наук.

*Материалы обсуждения подготовила к печати*  
*С.В. Пирожкова,*  
*кандидат философских наук,*  
*Институт философии РАН*  
*pirozhkovasv@gmail.com*

---

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

## О ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ ПУТАНИЦЕ В ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

© 2016 г. А.С. Кулагин

*Институт проблем развития науки РАН, Москва, Россия*

e-mail: as.kulagin2016@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.11.2015 г.

В статье рассмотрены терминологические противоречия в нормативных правовых актах по оценке научных результатов и оценке результативности научных организаций. Предложены определения понятия “научный результат” для фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, методология оценки новизны, значимости и инновационного потенциала научных результатов, а также доведения информации о научных результатах до всех заинтересованных потребителей.

**Ключевые слова:** научный результат, оценка результата, экспертиза результата.

DOI: 10.7868/S0869587316080053

Федеральный закон от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ “О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации” (ст. 7) гласит, что РАН осуществляет мониторинг и оценку результатов деятельности государственных научных организаций независимо от их ведомственной принадлежности, а также экспертизу научных и (или) научно-технических результатов, созданных за счёт средств федерального бюджета. Аналогичные формулировки присутствуют в подпункте “а” п. 14 Устава РАН, утверждённого постановлением Правительства РФ от 27 июня 2014 г. № 589.

Правила оценки и мониторинга результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, утверждены постановлением Правительства РФ от 8 апреля 2009 г.



КУЛАГИН Андрей Сергеевич — доктор экономических наук, главный научный сотрудник ИПРАН РАН.

№ 312 (в редакции постановления Правительства РФ от 1 ноября 2013 г. № 979). При этом в одном из пунктов Правил (п. 27) говорится об *экспертном анализе результативности*.

Термины “результативность” и “результат” близки по звучанию. Законодатель не определил содержательное различие “оценки результата” и “экспертизы результата”. Не определено и отличие “оценки результативности” от “экспертного анализа результативности”. Применительно к слову “результат” в одном случае говорится о результате научной организации, а в другом — о научном результате.

Наверное, можно сказать, что мы излишне придираемся, что упомянутые термины интуитивно понятны. Но ведь это нормативный правовой акт, он должен пониматься всеми однозначно. Интуиция у всех разная, одно и то же положение может восприниматься неодинаково, что, собственно, и произошло. Терминологическая неупорядоченность привела к путанице в головах научных работников и чиновников и различному толкованию сути правовых актов.

Одни, например, утверждают, что оценка *результатов* научных организаций, в отличие от *экспертизы научных результатов*, подразумевает лишь анализ количественных показателей мониторинга, что даёт вполне достаточно информации для принятия решения о категории научной организации. Другие полагают, что использование разных терминов в одном контексте либо одинаковых терминов в разных контекстах — просто свидетельство спешки и непрофессионализма

при принятии данного закона. По их мнению, оценка результатов научной организации и экспертиза результатов — одно и то же. Третьи ссылаются на то, что оценка результативности должна включать как количественные показатели, так и научные результаты, а экспертизу этих результатов нужно проводить в каких-то других случаях и по другому поводу.

Попробуем разобраться. Начнём со слов “результат” и “результативность”.

Словарь русского языка С.И. Ожегова трактует слово “результат” как конечный итог, завершающий что-нибудь, а слово “результативный” — как продуктивный по своим результатам. В первом случае термин увязан с неким конечным итогом, во втором случае об этом ничего не сказано. Чтобы оценить результат, работу сначала надо завершить. А для того чтобы оценить результативность, никакого специального срока ожидать не следует, в любой момент можно оценить совокупную продуктивность результатов, полученных за предыдущий, причём тоже произвольный, период.

Обратим внимание на такой нюанс. Научный результат непосредственно после завершения работы может восприниматься совсем иначе, чем спустя некоторое время. Ни для кого не секрет, что истинное понимание значимости научного результата, особенно фундаментального исследования, может наступить спустя годы, а иногда и десятилетия после его получения. Например, геополитическое значение открытия хребта Ломоносова в Арктике, сделанного в 1949 г., стало понятно лишь в начале XXI в.

Итак, с точки зрения норм русского языка термины “результат” и “результативный” различаются.

Соблюдены ли эти различия в нормативных актах и в чём состоит истинный смысл таких различий, если они там есть? Правила оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, утверждённые постановлением Правительства РФ от 8 апреля 2009 г. № 312, предусматривали, что федеральные органы государственной власти должны проводить периодическую, но не реже, чем раз в пять лет, оценку результативности подведомственных научных организаций. В 2013 и 2014 гг. в эти правила были внесены определённые изменения, призванные обеспечить межведомственный характер оценки, отразить роль РАН в этом процессе, а также придать ему большую объективность. Однако изменения не коснулись главного: оценка носит периодический характер. По её итогам федеральный орган власти вырабатывает заключение об отнесении научной организации к первой категории (организация-лидер), второй (ста-

бильная организация, демонстрирующая удовлетворительную результативность) или третьей (научная организация, утратившая научный профиль и перспективы развития). Категория присваивается тоже на определённый период, до следующей оценки, то есть она, по сути, временная.

Система оценки результативности за прошедшие годы неоднократно подвергалась жёсткой критике со стороны научного сообщества. Российская академия наук несколько раз обращалась в Правительство РФ и в Минобрнауки России, отмечая, что критерии деления научных организаций на категории сформулированы неправильно, да и вообще целесообразность подобного деления более чем сомнительна. Другое, не менее важное, замечание РАН заключалось в том, что итоги оценки результативности должны служить основой выработки решений по улучшению ситуации в институте, в том числе его кадрового обеспечения, а это в нормативных актах не прописано. Тем не менее необходимость периодического контроля результативности конкретной научной организации сомнению никем не подвергалась. Более того, в РАН, например, такой контроль проводился задолго до появления постановления Правительства РФ, причём он носил комплексный характер. Можно было установить, успешно ли справляются со своими обязанностями директор, учёный совет и коллектив института.

Успешность в целом отнюдь не означает, что в научной организации всё хорошо. В самом сильном институте могут быть малопродуктивные научные коллективы, и наоборот, в самый слабый институт может входить пара весьма сильных подразделений. Отсюда чиновники делали вывод, что оценивать результативность следует на уровне структурного подразделения, а не только института.

Научному работнику примитивность такого подхода понятна. Во-первых, уравнивать творческий коллектив, работающий над конкретной научной темой, со структурным подразделением можно только в организациях с так называемой “плоской” структурой типа Математического института РАН, Института теоретической физики РАН или Института философии РАН. В подавляющем же большинстве организаций существуют многочисленные перекрёстные связи научных подразделений с измерительными, аналитическими, испытательными и тому подобными службами. Итог работы может быть сведён к нулю из-за того, например, что работник вивария плохо соблюдал предписанный режим кормления подопытного животного. Во-вторых, сейчас всё большее распространение получают междисциплинарные исследования, когда творческий коллектив состоит из работников разных организаций, и бюрократически он даже может быть никак не закреплён. В-третьих, временное творческое бесплодие или



замедленное получение значимых научных результатов могут быть вызваны далеко не только кадровыми причинами. Большую роль играет отсутствие необходимого финансирования, приборного обеспечения и т.п. В-четвёртых, если структурное подразделение достаточно крупное, то часть его сотрудников может работать над одной темой, причём весьма результативно, а часть — над другой темой и безрезультатно. Словом, внутри института следует оценивать успешность творческих коллективов, а не структурных подразделений. Ещё лучше, если оценка будет производиться по каждой теме.

Как бы то ни было, заголовок постановления Правительства РФ от 8 апреля 2009 г. № 312, который постановлением Правительства РФ от 1 ноября 2013 г. № 979 не изменён, полностью отвечает пониманию термина “результативность” в “Словаре” С.И. Ожегова. Но если с заголовком постановления всё в порядке, то с его текстом, к сожалению, нет. Вот цитата: “Министерство образования и науки Российской Федерации устанавливает перечень измеримых количественных показателей оценки результативности деятельности научной организации”. Тогда по логике нужно было поручить министерству установить порядок предоставления сведений об этих количественных показателях. Однако Правительство поручает Минобрнауки России разработать и утвердить “порядок предоставления сведений... о результатах деятельности”.

Научная организация создаётся для того, чтобы получать научные результаты, а не для того, чтобы печь хлеб или штамповать кастрюли.

Если мы хотим понять, что произошло в научной организации за отчётный период, то со всей очевидностью нужно учитывать два элемента: как изменились количественные показатели; какие конкретные научные результаты получены за этот период.

Количественные показатели нужны для того, чтобы оценить динамику развития организации на фоне аналогичных организаций, но подчинённых другим министерствам и ведомствам, а также выполнение так называемой “дорожной карты”.

Сведения о конкретных научных результатах нужны для того, чтобы оценить их уровень и значимость, в том числе в сопоставлении с научными результатами аналогичных отечественных и зарубежных организаций. Необязательно рассматривать все результаты за пять лет, достаточно тех, которые сама организация считает важнейшими.

Возможно, Правительство России имело в виду, что будет определён порядок предоставления сведений как по первому, так и по второму элементу оценки результативности. Однако в приказе № 162 от 5 марта 2014 г. Минобрнауки России, утверждая порядок предоставления сведений о

результатах научных организаций, ни словом не упомянуло о научных результатах. Под результатами там понимаются исключительно количественные показатели.

Это пример путаницы в терминах, которая кощует из документа в документ. Более того, формулировка ни одного из количественных показателей оценки результативности не отвечает принципу конечности, на который указал С.И. Ожегов. Например, показатель “Число публикаций организации, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования” меняется каждый день. Любая публикация имеет конкретную дату выхода в свет. Затем она либо бывает проиндексирована, либо нет. Если бы этот же пункт был сформулирован так: “Число публикаций организации, проиндексированных в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования за отчётный год”, то его формулировка хотя бы соответствовала нормам русского языка.

Коль скоро для оценки результативности нужны сведения о научных результатах, необходимо определиться, что считать результатом. В научном сообществе на сей счёт существуют два мнения.

В первом случае под результатом понимается научная публикация или патент. Такой-то профессор написал монографию, такие-то научные работники опубликовали статью или подготовили отчёт, такой-то коллектив получил патент на своё изобретение, у такого-то ведущего научного сотрудника за год появилось пять статей в рецензируемых журналах и т.п. К этому добавляется учёт цитирования, ссылок и т.д., что свидетельствует об интересе со стороны других исследователей.

Во втором случае речь идёт не о статье или монографии, а о том, что, собственно, нового сделал учёный. Например, Нобелевская премия по физике 2015 г. присуждена Такааки Кадзита и Артуру Макдональду с формулировкой “за открытие нейтринных осцилляций, показывающих, что нейтрино имеет массу”. То есть самая престижная научная премия присуждена не за какие-то публикации, пусть даже многими цитируемые, а за конкретный установленный факт. Сколько было публикаций, в каких журналах, каков импакт-фактор этих журналов, сколько цитирований, каков, наконец, индекс Хирша лауреатов, — всё это остаётся за скобками.

Какой вариант правильный? Кто в данном случае может быть третьей стороной?

Подойдём к этим вопросам со стороны потребителя научных результатов. Потребителем результатов прикладных исследований является конкретный производитель, конкретный бизнес.

Результат фундаментального исследования нужен по большей части самой науке для её развития.

Заказчик-бизнесмен хочет получить и оплатить результат, который он может применить. Его интересуют не процесс научного творчества или публикации, а продукт или технология. Кроме того, желательна система информации, из которой можно узнавать о том, что нужный бизнесмену результат уже получен.

Потребитель-учёный, конечно, интересуется престижностью научного журнала, но лишь как косвенным подтверждением надёжности и достоверности опубликованного там результата. В своих исследованиях научный работник будет опираться на факт, а не на название статьи или название журнала. В собственной публикации он будет писать примерно так: “имярек установил, что...”, а где это опубликовано — будет упоминаться в списке использованной литературы.

Есть, наконец, ещё один важный игрок — государство, финансирующее значительную часть прикладных исследований и почти все фундаментальные. И здесь вопрос не в том, чтобы объяснить налогоплательщикам, зачем оно это делает, а в том, как использовать полученные результаты в целях развития экономики и повышения конкурентоспособности.

В России использование научного продукта организовано государством из рук вон плохо. Опыт развитых стран в этой области почти не применяется. В последнее время всё чаще говорят о цепочке наука—инновации—импортозамещение, но реальные экономические механизмы для её реализации не созданы. В США, например, любой результат научного исследования, проведённого за государственный счёт, можно купить за 1 доллар при условии, что он будет использован на территории Соединённых Штатов Америки, а в бизнес-плане отражены масштабы производства, количество рабочих мест, планируемые размеры налогов и т.д. У нас ничего похожего нет.

Таким образом, с точки зрения всех трёх типов потребителей, под научным результатом следует понимать некие установленные факты, конкретные конструкции, конкретные технологии, а не списки публикаций.

Скрупулёзный учёт публикаций на самом деле нужен исключительно чиновнику, чтобы он мог отчитаться, что вверенная ему наука “впереди планеты всей”. А это позволяет совершенно не заботиться о том, чтобы хоть как-то использовать результаты исследований. Проблема в том, что определения понятия “научный результат” до сих пор нет ни в одном нормативном акте или даже в решениях РАН.

Когда в РАН начали разработку конкретных механизмов реализации функции, которая возло-

жена на академию Федеральным законом № 253, то оказалось, что необходимость сформулировать содержание данного термина понимают и в Минобрнауки России. Это тот редкий случай, когда научное сообщество и министерство думают в принципе одинаково.

Напомним, что в Федеральном законе от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ (в редакции от 13 июля 2015 г.) “О науке и государственной научно-технической политике” в ст. 2 даётся определение трёх видов научной деятельности:

- фундаментальные научные исследования — экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей среды;
- прикладные научные исследования — исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач;
- поисковые научные исследования — исследования, направленные на получение новых знаний в целях их последующего практического применения (ориентированные научные исследования) и (или) на применение новых знаний (прикладные научные исследования) и проводимые путём выполнения научно-исследовательских работ.

Соответственно, понятие “научный результат” необходимо было сформулировать для этих трёх видов исследований. В ходе обсуждений, в том числе во всех отделениях РАН, были выработаны такие определения:

- результат фундаментального исследования — новое знание, полученное в результате экспериментальной или теоретической деятельности, устанавливающее количественные и (или) качественные характеристики изучаемых объектов, событий или явлений и являющееся основанием для выдвижения новой либо подтверждения или опровержения справедливости ранее выдвинутой теории, гипотезы или идеи, зафиксированное на любом информационном носителе в форме монографии, статьи, отчёта о научной работе, научного доклада, научного сообщения и т.п., либо созданных на основе нового знания экспериментальных (лабораторных) образцов объектов и процессов;
- результат поискового исследования — новое знание, полученное в результате экспериментальной или теоретической деятельности (ориентированное фундаментальное исследование), а также определённые путём выполнения научно-исследовательских работ принципы, методы и способы практического применения этого нового знания;

• результат прикладного научного исследования — новое конструктивное или технологическое решение, экспериментальный образец, законченное испытание, разработка, которые могут быть использованы в общественной практике, соответствующим способом описанные и документированные, в том числе в виде способных к правовой охране или имеющих правовую охрану в качестве изобретения, полезной модели, промышленного образца, топологии интегральных микросхем, программы для электронно-вычислительных машин, базы данных, секрета производства (ноу-хау) или единой технологии.

Эти формулировки закреплены в Методике мониторинга и оценки результатов деятельности государственных научных организаций и образовательных организаций высшего образования Российской Федерации, утверждённой распоряжением Президиума РАН № 10104-561 от 28 июля 2015 г.

Дать трактовку понятия недостаточно. Необходимо определить: где и кем будут фиксироваться научные результаты; как организовать независимое подтверждение значимости и новизны результата; каков его инновационный потенциал; могут ли и на каких условиях знакомиться с этими результатами заинтересованные потребители.

На первый вопрос ответить относительно легко. Единая государственная информационная система учёта научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР) существует уже давно. В ней сначала регистрируется научно-исследовательская тема, а после её окончания — отчёт. Кроме того, там же фиксируются данные об объектах интеллектуальной собственности, полученные в ходе работы.

Регистрационная форма об итоге научно-исследовательской, опытно-конструкторской, технологической работы заполняется руководителем исследовательского коллектива и подтверждается руководителем научной организации. В ЕГИСУ НИОКТР хранятся и полные тексты отчётов. Но режим доступа к реферативной информации и к полному тексту существенно различается. Да это и понятно — полный текст отчёта содержит конфиденциальную информацию.

Есть несколько моментов, препятствующих рассматривать ЕГИСУ НИОКТР как полноценную информационную базу научных результатов.

Во-первых, там пока регистрируется только научная тематика, выполняемая по государственным контрактам. Правда, и её отнюдь немало. Так, в 2015 г. (по состоянию на начало ноября) в базу было внесено и зарегистрировано почти 6.5 тыс. отчётов и результатов. Разумеется, часть результатов, зарегистрированных в первом квартале года, фактически получена в 2014 г.

Очевидно, что порядок регистрации следует распространить на все исследовательские темы и все результаты, выполняемые и получаемые за счёт госбюджета. Результаты, полученные без использования бюджетных средств, тоже могут регистрироваться государством, но, конечно, на добровольной основе. Понятно, что количество зарегистрированных научных результатов в этом случае возрастёт в разы, а возможно, и на порядок.

Во-вторых, в существующей регистрационной форме об итогах работы очень много внимания уделяется научному отчёту: сколько томов, таблиц, использованной литературы и т.д. Собственно научный результат нужно уложить в 1000 знаков — это меньше половины страницы. Иногда и вовсе всё сводится к одной-двум фразам. Поэтому нередко вообще нельзя понять, что же, собственно, представляет собой регистрируемый результат. Более того, как бы само собой подразумевается, что в ходе исследования получается только один результат. Между тем может быть получено несколько научно значимых и инновационно способных результатов.

Эти два дефекта исправить легко. Достаточно расширить возможность описания результата хотя бы до 5000 знаков, указать в инструкции требования к содержанию такого описания и предусмотреть возможность фиксации нескольких результатов.

Есть, правда, одна проблема, носящая субъективный характер. Дело в том, что по госконтрактам выполняется, как правило, прикладная тематика. Представители фундаментальной, да и части прикладной науки до сих пор информацию в ЕГИСУ НИОКТР не вносили. А для того чтобы кратко сформулировать существо научного факта, описанного, например, в объёмной монографии, нужно определённое умение. Очевидно, придётся этому научиться.

Итак, ответ на вопрос, где и как будут фиксироваться научные результаты, требует всего лишь изменения отдельных приказов Министерства образования и науки РФ и определённой модернизации программного обеспечения уже существующей информационной системы.

Перейдём теперь к вопросу о том, как организовать независимое подтверждение значимости и новизны результата, где мы встречаемся с термином “экспертиза”. В ФЗ № 253 говорится об экспертизе научных и научно-технических результатов.

Слово “экспертиза” происходит от латинского *expertus* — опытный. “Словарь иностранных слов”, выпущенный АН СССР, даёт такую трактовку: “исследование какого-либо вопроса, требующего специальных знаний, с представлением мотивированного заключения”. Ясно, что экс-

пертиза очень трудозатратна. Более того, в некоторых случаях потребуются специальные ассигнования, например, для повторения эксперимента. Кроме того, чтобы экспертиза была объективной, принято проводить её силами не менее трёх специалистов. В случае защиты диссертации, например, требуются заключения двух-трёх оппонентов и ещё несколько отзывов на автореферат. Следовательно, вопрос о проведении сплошной экспертизы научных и научно-технических результатов, даже созданных только за счёт средств федерального бюджета, упирается в реальную возможность Российской академии наук осуществлять экспертизу в таком объёме.

Выше уже говорилось, что ежегодно в ЕГИСУ НИОКТР фиксируются 6–8 тыс. научных результатов, полученных по государственным контрактам. Если же учитывать все научные результаты, полученные за счёт бюджета, то, по нашим оценкам, речь должна идти о цифре порядка 15 или даже 20 тыс. А значит, каждый член академии в среднем должен будет проводить ежегодно от 30 до 40 экспертиз. Поскольку в силу занятости или возраста часть из них привлечь к экспертизе затруднительно, цифра получится ещё больше.

Далее, полноценная экспертиза может быть проведена только по полному тексту научного отчёта. И здесь вопрос не только в допуске эксперта к содержащейся в отчёте коммерческой и конфиденциальной информации, но и в том, что отчёт по объёму никак не меньше докторской диссертации, а зачастую значительно больше. Между тем по нормам, утверждённым Минобрнауки России для профессорско-преподавательского состава вузов, на подготовку отзыва о докторской диссертации предусмотрено до 100 ч, о кандидатской — 65 ч. Даже если отвести на подготовку экспертного заключения лишь 50 ч, для каждого эксперта в сумме за год получится от 1.5 до 2 тыс. ч, или от 190 до 250 полных рабочих дней. Это, разумеется, нереально.

Ещё один важный момент — кому, собственно, заключение адресовано. Мотивированное экспертное заключение — не научно-популярная статья. Оно в любом случае будет содержать какие-то утверждения и термины, которые понятны только специалисту. Чиновник никогда, а бизнесмен почти никогда содержание заключения не поймёт. Неслучайно в определении слова “экспертиза” упоминается требование о специальных знаниях.

Для использования новшества как чиновники, так и бизнесмены заинтересованы, по сути, в ясном и понятном ответе на три вопроса: обладает ли результат научной новизной; каков его инновационный потенциал; совпадает ли это с провозглашёнными государством приоритетами или

критическими технологиями, поскольку тогда можно надеяться на господдержку.

Для потребителя — научного работника, а также для государства чрезвычайно полезна оценка научного значения результата: способствует ли он развитию данной области науки, открывает ли принципиально новые горизонты или, наоборот, малоинтересен.

Не секрет, что в России технологии, приборный парк и методики исследования в лихие 90-е существенно отстали от мирового уровня. Частично отставание в последние годы было ликвидировано, но, к сожалению, не полностью. Поэтому целесообразно получить ответ на вопрос о современности методик исследования и оборудования, который косвенно будет подтверждать новизну и надёжность научного результата.

Чёткий и ясный ответ о ценности и применимости научного результата по смыслу гораздо ближе к слову “оценка”, чем к слову “экспертиза”. С.И. Ожегов объясняет слово “оценка” как мнение о ценности, уровне или значении чего(чего)-нибудь. В. Даль трактует его ещё проще — дать чему-то цену.

На экзаменах оценивать знания студента принято по 5-балльной, а на зачётах по 2-балльной шкале. Слова экзаменатора вроде “вы не знаете то-то и то-то, неуд” назвать мотивированным заключением, разумеется, нельзя. В случае оценки всегда присутствует определённая шкала, по которой определяется цена результата, но никакого мотивированного заключения писать не требуется. Поэтому на то, чтобы дать оценку, тратится не слишком много времени. Важно также, что оценка может быть дана по краткому реферативному описанию результата. А это уже многократно меньший объём информации по сравнению с полным текстом отчёта.

Формулируя шкалу оценки, нужно добиться, чтобы оценка конкретного научного результата была понятна даже неспециалисту в данной области науки.

В ходе обсуждения как со специалистами по организации науки, так и с представителями разных областей науки были сформулированы следующие вопросы, на которые эксперт должен ответить, выбирая подходящий вариант из предлагаемых ответов:

1. Соответствие результата Перспективным направлениям развития науки, технологий и техники — выбрать название соответствующего перспективного направления из перечня.
2. Соответствие результата Перечню критических технологий — выбрать название критической технологии из перечня.
3. Оценка качества результата — выбрать из предложенных вариантов:

а) качество превышает мировой уровень по оригинальности (значимости, точности, достоверности и т.п.) результата;

б) качество находится на мировом уровне по оригинальности (значимости, точности, достоверности и т.п.) результата;

в) качество ниже мирового уровня по оригинальности (значимости, точности, достоверности и т.п.) результата, но превышает уровень в Российской Федерации;

г) качество по оригинальности (значимости, точности, достоверности и т.п.) результата соответствует уровню в Российской Федерации;

д) качество по оригинальности (значимости, точности, достоверности и т.п.) результата ниже уровня в Российской Федерации.

4. Оценка научного значения результата — выбрать из предложенных вариантов:

а) результат не только обеспечивает существенный вклад в данную область науки, но и позволяет получить серьёзный прорыв в принципиально новых направлениях, в том числе в междисциплинарных исследованиях;

б) результат не только обеспечивает существенный вклад в конкретную область науки, но и открывает принципиально новые направления исследований в этой области;

в) результат важен для данной области науки, но вряд ли приведёт к появлению принципиально новых направлений исследований;

г) результат полезен, но его значимость для конкретной области науки невысока;

д) результат малоинтересен и принципиально-го значения для развития конкретной области науки не имеет.

5. Оценка инновационного потенциала результата — выбрать из предложенных вариантов:

а) научный результат является уникальным в мировой практике, имеет высокую степень технологической проработки, непосредственно либо при минимальной адаптации применим для решения общественно значимых задач реальной экономики и (или) общества;

б) научный результат является уникальным в мировой практике, его применение приведёт к масштабным изменениям реальной экономики и (или) общества, однако требуется значительный объём НИОКТР;

в) результат не является уникальным в мире, но его применение в Российской Федерации позволит обеспечить импортозамещение одновременно в нескольких секторах экономики;

г) результат не является уникальным в мире, но его применение в Российской Федерации позволит обеспечить импортозамещение в определённом секторе экономики;

д) результат, а также применённые методы и технологии исследования полезны, но их значимость для экономики, общества и науки невысока;

е) результат, а также применённые методы и технологии исследования какого-либо инновационного интереса не представляют.

6. Оценка современности методов и технологий исследования — выбрать из предложенных вариантов:

а) использованы принципиально новые методы и (или) технологии проведения исследования, не имеющие аналогов в мире; разработанные методы и технологии могут найти применение в других исследованиях;

б) использованы принципиально новые методы и (или) технологии проведения исследования, не имеющие аналогов в мире, но эти методы и технологии являются специфичными для данного исследования;

в) использованы методы и (или) технологии проведения исследования, аналогичные применявшимся в мире, но в Российской Федерации ранее не применявшиеся;

г) использованы методы и (или) технологии проведения исследования, ранее неоднократно применявшиеся в Российской Федерации;

д) использованы устаревшие методы и (или) технологии проведения исследования.

Немаловажно, что обработка заключений, выработанных по прилагаемому варианту, легко автоматизируется, а когда речь идёт о десятках тысяч оценок, это существенно.

После того как понятие “научный результат” и варианты оценки (ответов экспертов) были сформулированы, необходимо было предложить новые требования к описанию научного результата в регистрационной форме ЕГИСУ НИОКТР. Как уже упоминалось, позиция Минобрнауки России мало отличалась от позиции РАН. Министерство намерено ввести обновлённую форму и соответствующие инструкции в силу с 1 января 2016 г. В новой редакции форма № 2 будет называться “Форма направления сведений о результате научно-исследовательской, опытно-конструкторской, технологической работы”, а в инструкции повторены вышеуказанные определения понятия “научный результат”. Кроме того, проведена оценка трудозатрат экспертов при использовании предлагаемого способа оценки.

Для того чтобы прочитать реферативное описание научного результата объёмом до 2.5 страницы текста и отметить “галочкой” нужный вариант ответа, потребуется примерно 30 мин. Если каждый член РАН будет проводить в год по 40 экспертиз, ему придётся затратить на это два-три рабочих дня. Поскольку это в принципе при-



емлемо, мнение Российской академии наук о научном результате целесообразно выражать в форме оценки, а не мотивированного экспертного заключения. Иначе говоря, сплошная экспертиза силами РАН всех научных результатов, полученных в России с подготовкой мотивированных экспертных заключений, не только невозможна, но и не нужна. Но можно организовать сплошную оценку этих результатов.

Конечно, РАН может отказаться от собственной интерпретации термина “экспертиза” и считать оценку, данную экспертами, одним из видов экспертизы. Чтобы убрать противоречия в терминологии, можно исключить из ФЗ № 253 и из Устава РАН слова об экспертизе научных результатов и говорить об экспертизе только применительно к планам и программам. Однако, на наш взгляд, это было бы неправильно.

Рассмотрим ситуацию, когда эксперты, оценивая качество результата, отметили, что оно превышает мировой уровень или, наоборот, что качество результата ниже уровня в Российской Федерации. В первом случае нужно подумать о том, чтобы пересмотреть прогноз развития науки, поменять планы исследований и т.п.; во втором — выяснить причины отставания и предложить пути исправления ситуации. В обоих случаях нужно что-то мотивированно предложить, что по силам только экспертам. Но это не оценка непосредственно результата, а совсем иная задача.

Бывает, что эксперты сомневаются в достоверности результата. Здесь тоже потребуется дополнительная экспертиза, но, скорее всего, уже в форме повторного исследования или эксперимента. Подобные ситуации, думаю, будут встречаться не слишком часто, а потому могут быть реализованы РАН.

Могут ли и на каких условиях знакомиться с научными результатами и с итогом их оценки Российской академией наук заинтересованные потребители? Этот вопрос следует сформулировать так: нужна ли обществу и государству информационная система, в которой фиксируются все полученные в России научные результаты?

В СССР существовали две системы информации: большое количество реферативных журналов, предназначенных в основном для научных работников, и отраслевые институты и регио-

нальные центры научно-технической информации, ориентированные на специалистов конкретных производств. В то время эти системы работали в целом неплохо. Однако институты и центры НТИ в результате приватизации практически исчезли, а количество и тиражи реферативных журналов существенно сократились.

На дворе XXI столетие, вполне логично поставить вопрос о компьютерной базе данных, для чего ЕГИСУ НИОКТР в принципе подходит — она ведь и по названию информационная, только следует организовать в ней системы поиска нужной информации, превратив её в информационно-поисковую систему. Представляется целесообразным изменить акценты в этой системе, перейдя от системы учёта научных исследований к системе учёта их результатов, ведь потребителю нужна не сама работа, а её результат. Если информационно-поисковая система будет действовать таким образом, она в определённой степени может содействовать восстановлению спроса реального сектора экономики на инновации.

Остаётся вопрос о платности или бесплатности информации. Считаю, что реферативная информация в ЕГИСУ НИОКТР, в том числе уже упоминавшаяся форма № 2, а также оценка результата РАН должны быть доступны бесплатно хотя бы для юридических лиц, зарегистрированных в Российской Федерации. О том, что нужный научный результат уже есть, можно узнать из реферативной информации. Дальше возникают уже чисто коммерческие отношения с обладателями прав на результат и объекты интеллектуальной собственности.

Держателем ЕГИСУ НИОКТР сегодня является Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти (ЦИТиС) при Минобрнауки России. По организационно-правовой форме это бюджетное учреждение, поэтому соответствующие ассигнования на указанные дополнительные функции достаточно предусмотреть прямо в смете ЦИТиС, и это будет весьма незначительным увеличением сметы.

Статья подготовлена в рамках гранта Российского гуманитарного научного фонда № 14-02-00345 “Роль академической науки в формировании и развитии национальной инновационной системы”.

---

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

## ТЕХНОЛОГИИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

© 2016 г. С.И. Паринов

*Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия*

e-mail: sparinov@gmail.com

Поступила в редакцию 03.12.2015 г.

Один из современных подходов к совершенствованию фундаментальной оценки состояния и перспектив развития российской науки связан с исследованием теоретических аспектов механизмов научной коммуникации и кооперации, а также с анализом перспектив и направлений повышения их эффективности. Технологии социальных сетей, получившие в последнее десятилетие большое развитие в составе научных информационных систем, имеют хороший потенциал как для модернизации коммуникаций между учёными, так и для процесса научной кооперации в целом. Создаваемая с помощью таких технологий виртуальная научная среда может кардинально улучшить условия реализации открытых инноваций, а также существенным образом повысить качество оценки текущего состояния и перспектив научной деятельности больших исследовательских сообществ.

**Ключевые слова:** социальные сети, научная кооперация, коммуникации, информационная среда.

**DOI:** 10.7868/S0869587316080119

В сентябре 2013 г. автор данной статьи представил на заседании Президиума РАН коллективный доклад “Европейский опыт оценки научной результативности и его использование в Российской академии наук”. Один из ключевых выводов этого доклада гласил, что в настоящее время международное научное сообщество создаёт виртуальную информационную среду для научной деятельности, которая, как ожидается, существенным образом изменит содержание научного процесса и упростит оценку научной результативности учёных и исследовательских организаций. Ниже будут представлены результаты, полученные в ЦЭМИ РАН за прошедшие два года. Исследование позволило прояснить картину изменений, происходящих в научном процессе под

влиянием модернизации виртуальной научной среды. Это стало возможным благодаря многолетнему активному участию сотрудников ЦЭМИ РАН в международной профессиональной ассоциации EuroCRIS ([www.eurocris.org](http://www.eurocris.org)).

Одно из современных направлений развития методологических подходов и практического инструментария для оценки состояния и перспектив российской науки связано с исследованием механизмов научных коммуникаций и кооперации учёных. Если рассматривать глобальное научное сообщество как социально-экономическую систему, то механизмы научных коммуникаций и кооперации представляют как разновидность взаимодействий звеньев системы общественного разделения труда. В частности, представляют интерес методы, с помощью которых учёные, использующие результаты исследований друг друга для создания нового научного знания, включаются в научную кооперацию в рамках сложившейся специализации и разделения труда в научной системе. Объектом исследования здесь являются как действующие в современной научной системе механизмы коммуникаций и кооперации, так и способы их развития в целях повышения эффективности научной системы и модернизации научного процесса. Лучшее понимание этих механизмов создаёт основу для уточнения методологических аспектов и инструментальных требований к совершенствованию оценки состояния и пер-



ПАРИНОВ Сергей Иванович — доктор технических наук, заместитель директора ЦЭМИ РАН.

спектив развития научной системы в целом и российской науки в частности.

В настоящее время популярным способом совершенствования механизмов коммуникаций в социально-экономических системах, включая научную систему, является подход, получивший название “социальная сеть”. Научное развитие данного подхода осуществляется на стыке информатики и социальных наук. Концепция социальных сетей позволяет исследовать интересующие нас процессы как с точки зрения информационных взаимодействий участников научной системы, так и информационных технологий, которые создают условия и предлагают способы обмена информацией между учёными. Это даёт возможность обсуждать теоретические основы построения социальных сетей для практической реализации результатов исследований, в том числе в форме открытых инноваций.

**Классификация механизмов научных коммуникаций.** Научно-исследовательская деятельность испытывает очень заметное влияние процесса глобализации. Поэтому с некоторой долей условности можно считать, что научная система включает всех исследователей из всех стран независимо от их региональных и национальных различий. Такое научное сообщество, где возникают длительные и краткосрочные научные коммуникации и исследовательские взаимодействия, может насчитывать несколько миллионов человек. Географически удалённые друг от друга, учёные имеют возможность связываться между собой.

Информационные потоки преодолевают “пространство” научной системы с некоторой конечной скоростью. Верхний предел этой скорости зависит от текущего уровня развития коммуникационных и информационных технологий [1, с. 43]. Каждая пара учёных может быть соединена самыми быстрыми из существующих каналами обмена информацией. В то же время обеспечить такими условиями всех членов научной системы одновременно практически невозможно. Для отдельно взятого учёного всегда будет существовать группа потенциальных партнёров, с которыми он может осуществить быстрый прямой обмен информацией, а также другая группа, у которой таких возможностей нет [1, с. 45].

Если представить учёного в роли абстрактного наблюдателя, находящегося в центре научной системы, то с его ближайшим окружением (например, членами лаборатории или группы) наблюдатель имеет возможность прямого двустороннего обмена информацией (рис. 1, зона “А”). В этом случае работает способ коммуникаций, присутствующий малым группам, для которого характерны интенсивный обмен информацией и согласование деятельности в режиме реального времени. В силу ряда естественных ограничений человека по обмену и переработке информации подобный

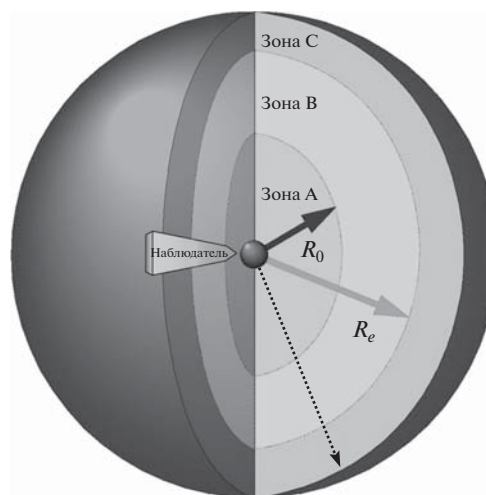


Рис. 1. Зоны применения различных механизмов коммуникаций учёных относительно абстрактного наблюдателя

вид коммуникаций возможен только с небольшим числом людей [1, с. 46].

Коммуникация с существенно большим числом людей обуславливает командный способ, который характерен для организаций. В этом случае коммуникации тоже осуществляются в режиме реального времени, но имеют преимущественно односторонний характер (от руководителя к подчинённым). С точки зрения наблюдателя, использование командного способа позволяет ему взаимодействовать с дополнительной группой участников системы (см. рис. 1, зона “В”).

Организации также имеют естественные ограничения размера, поэтому командный способ коммуникаций не даёт наблюдателю возможности взаимодействовать с учёными, находящимися в зоне “С” [1, с. 47].

Возникает естественный вопрос, каким образом осуществляются коммуникации между удалёнными друг от друга членами научной системы, то есть между наблюдателем и учёными из зоны “С”? Они осуществляются благодаря деятельности научных издательств и академических журналов, с помощью научных мероприятий (конференций, семинаров и т.п.).

**Механизм научных коммуникаций, основанный на деятельности научных издательств и академических журналов.** Можно утверждать, что научные публикации, распространяемые издательствами и журналами в бумажном и электронном виде, обеспечивают научные коммуникации по всему пространству научной системы, где участниками опосредованных коммуникаций являются, с одной стороны, авторы опубликованных результатов исследований, с другой — читатели. Если читатели нашли что-то интересное для себя в прочитанном тексте и использовали это для по-

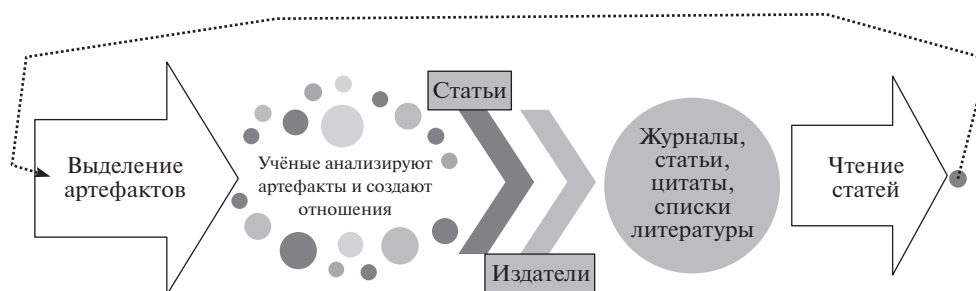


Рис. 2. Научные коммуникации на основе традиционной деятельности издательств и академических журналов

лучения нового научного знания и создания своих собственных научных результатов, они становятся пользователями чужих исследований. Таким образом, можно говорить о научных коммуникациях между авторами и пользователями результатов исследований, которые опосредуются научными публикациями, а точнее, деятельностью издательств и редколлегий журналов.

Основные элементы процесса научных коммуникаций между авторами и пользователями в том виде, как его поддерживает традиционная система научных издательств и академических журналов, представлены на рисунке 2.

Схематическое описание этого процесса покажем на примере циркуляции статей в научных журналах: учёные получают доступ к журналам → читают статьи → выделяют в этих статьях важные для себя фрагменты (научные артефакты) → в процессе анализа артефактов открывают новое научное знание как через создание новых артефактов, так и путём установления научных отношений между всеми связанными артефактами → превращают набор артефактов и научных отношений между ними в статьи, оформленные в соответствии с требованиями издателей → добиваются публикации статей в журналах и полагаются на издателей в том, что потенциальные пользователи результатов их исследований будут иметь доступ к этим журналам. Далее цикл повторяется.

Механизм коммуникаций, изображённый на рисунке 2, имеет существенные недостатки по сравнению с характером коммуникаций в малой группе или организации (см. рис. 1). Отметим некоторые важные моменты. Во-первых, потенциальные пользователи результатов исследований (читатели статей) имеют разный доступ к содержанию журналов. Например, одни организации предоставляют своим сотрудникам бесплатный доступ к журналам, а другие нет. Автор статьи, как правило, не может обеспечить всем равный и немедленный доступ к своим публикациям.

Во-вторых, при создании нового научного знания учёные оперируют (часто только мыслен-

но) научными артефактами и отношениями между ними. Но для передачи этого знания другим учёным из зоны “С”, например, в целях проверки его корректности, авторам приходится тратить силы и время на выполнение требований издательств для придания своему научному труду формы статьи.

В-третьих, при использовании (цитировании) учёным результатов чужих исследований действующая система академических журналов не гарантирует, что автор материала узнает, как, с какой целью и кем он был использован. Более того, не обеспечивается связь между автором и пользователем, которые могли бы улучшить качество исследований друг друга, а также наладить продуктивную научную кооперацию.

В-четвёртых, в научном процессе более-менее точное представление о научной значимости опубликованных результатов складывается по итогам серии проб и ошибок, которые возникают, когда учёные пытаются использовать эти результаты в своих исследованиях. Качественные итоги подобного процесса не могут быть выражены посредством цитаты, содержащей соответствующий результат. Таким образом, важная информация не присутствует в индексе цитирования и не учитывается при оценке научной результативности учёных, основанной на показателях цитирования.

С точки зрения современного уровня развития информационных технологий, традиционная система научных журналов как способ коммуникации между авторами публикации и читателями выглядит устаревшей и неэффективной [2]. Требуется научная информационная система или комплекс систем, которые предоставят учёным возможность создавать научные произведения для коммуникации и согласования своей деятельности, оперируя научными артефактами и отношениями между ними, а также будут включать сервисы, реализующие открытую коммуникацию и аккумулирующие качественную статистику о характере использования результатов исследований.



**О возможностях развития научных коммуникаций и кооперации.** Основываясь на общей схеме научных коммуникаций, представленной на рисунке 2, а также на выводах предыдущего раздела, рассмотрим возможности создания более совершенного механизма коммуникаций и более эффективной научной кооперации.

Основная идея заключается в публичной визуализации части процесса научного анализа и творчества исследователя, который обычно скрыт от коллег. Это требует создания информационных технологий, позволяющих учёным публично выделять интересные результаты исследований, сообщать, как именно они были использованы. Традиционная техника научного цитирования данную задачу не решает, так как оперирует целыми статьями, а не содержащимися в них отдельными результатами, не позволяет явно указывать мотивы цитирования.

Вероятно, учёные будут согласны на публичную визуализацию части своего научного творчества и на связанные с этим дополнительные затраты сил и времени, ведь взамен они получают возможность устанавливать прямые контакты в режиме автор—пользователь, включая повышение качества исследований за счёт возникновения кратко- или долгосрочной кооперации между авторами и пользователями результатов исследований.

Существующие технологии научных информационных систем позволяют идентифицировать авторов результатов исследований и оперативно информировать их о фактах и характере использования их трудов для создания новых научных работ. Кроме того, научные информационные системы могут поддерживать определённые режимы коммуникаций между авторами и пользователями [3]. Этого достаточно, чтобы сформулировать задачу повышения эффективности механизмов научной коммуникации и кооперации как конструирование социальной сети авторов и пользователей результатов исследований.

Рассмотрим требования, которым должны соответствовать подобная социальная сеть и реализующая её научная информационная система. Она должна идентифицировать автора результата исследований и отличать его от учёного, использующего чужие результаты (пользователя). Например, в научной информационной системе Соционет (<https://socionet.ru/>) это достигается путём связывания профиля учёного с его публикациями.

Учёному необходимо иметь возможность в процессе чтения публикаций выделять в тексте интересные фрагменты (научные артефакты) и сохранять их в своём персональном хранилище для дальнейшего использования, в том числе предоставлять доступ научному сообществу к созданным им научным артефактам. По сравнению



Рис. 3. Цикл коммуникаций автор—пользователь

с обычной публикацией статей такой режим можно назвать “микрпубликациями”. В Соционете это реализовано (пока упрощённо) с помощью подсистемы “Персональная зона”.

Учёный должен иметь возможность публично высказывать своё мнение или предположения (научные гипотезы) о научных отношениях между всеми доступными ему информационными объектами, включая артефакты, статьи и т.п. Классификация научных отношений должна основываться на некоторой централизованной таксономии, развиваемой научным сообществом. Научные отношения визуализируются при просмотре объектов, к которым они относятся. Примером может послужить реализованный в Соционете сервис для создания семантических связей между информационными объектами системы.

Система должна немедленно уведомлять авторов о том, кем, где, как или почему были использованы результаты их исследований. В Соционете эту функцию выполняет сервис e-mail-уведомлений.

Учёному — автору использованного результата исследований — нужно предоставить возможность публично выражать своё отношение к действиям, касающимся его данных. Это предполагает поддержку коммуникаций и кооперации между автором и пользователем, например, для согласования параметров “спроса” от пользователя и “предложения” от автора в целях получения большего эффекта от научной кооперации. В Соционете эта функция также реализована в виде специфических семантических связей между учёными.

Поддерживаемые системой коммуникации контакты должны быть публичными. Это создаст



эффект конкуренции со стороны других учёных, которые исходно не были включены в коммуникацию автор—пользователь, но могли бы, например, предложить пользователю результаты исследований, в большей мере соответствующие его потребностям.

Научная информационная система, удовлетворяющая описанным выше требованиям, формирует научную социальную сеть из авторов и пользователей результатов исследований. Возникающий в ней цикл коммуникаций представлен на рисунке 3. Механизм научной коммуникации и кооперации в данном случае работает следующим образом:

- автор получает сигналы, когда кто-то использовал результаты его исследований (коммуникация);
- автор может оказать помощь в правильном использовании его результатов (кооперация);
- автор может доработать свои результаты, чтобы усилить эффект от их использования (кооперация);
- коммуникации между автором и пользователем формализованы и публичны (конкуренция);
- все данные накапливаются и формируют публичный портрет учёного, включая его результативность и научную репутацию, что существенно повышает его ответственность за свои действия в сравнении с ситуацией, сложившейся в рамках текущего механизма коммуникаций и кооперации на основе деятельности научных издательств и академических журналов.

Представленный механизм создаёт дополнительную конкуренцию между участниками процесса научной кооперации, отсутствующую в традиционном “издательско-журнальном” случае. Такая конкуренция существенно повышает вероятность, что участники глобальной научной кооперации найдут лучшие варианты для удовлетворения своего “спроса” и “предложения”, это произойдёт быстрее, с меньшими транзакционными издержками и положительно скажется на эффективности научной системы в целом.

\* \* \*

Академические журналы и другие научные издания опосредуют коммуникации между учёными в глобальных масштабах. В силу своих конструктивных особенностей (оформление и распространение результатов исследований в виде статей, книг и т.п.) эта система не позволяет существенно улучшить эффективность научной кооперации. Представленный выше подход отражает требования к информационным технологиям, благодаря которым можно устранить научные журналы как посредника в научных коммуникациях. С помощью этих технологий авторы результатов исследований и их пользователи смогут идентифицировать друг друга, осуществлять прямые контакты и научную кооперацию. Распространение подобных технологий повлечёт за собой радикальные изменения как роли научных издательств, так и содержания научного процесса в целом.

Исследование частично финансировалось по программе Президиума РАН “Фундаментальные проблемы оценки состояния и перспектив развития российской науки”, тема “Теоретические основы построения социальных сетей для реализации открытых инноваций” (руководитель доктор экономических наук А.Н. Козырев).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Паринов С.И.* К теории сетевой экономики. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002.
2. *Паринов С.И.* Открытая наука // Научный сервис в сети Интернет. Труды XVII Всероссийской научной конференции. 21–26 сентября 2015 г., Новороссийск. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2015.
3. *Kogalovsky M., Parinov S.* Scholarly communication in a semantically enrichable research information system with embedded taxonomy of scientific relationships // Knowledge Engineering and Semantic Web // Springer International Publishing. V. 518. P. 87–101.

## ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НА ОСНОВЕ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ

© 2016 г. В.Л. Макаров<sup>а</sup>, В.В. Окрепилов<sup>б</sup>

<sup>а</sup> Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия

<sup>б</sup> Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: makarov@cemi.rssi.ru; letter@rustest.spb.ru

Поступила в редакцию 16.11.2015 г.

В статье представлены результаты исследования, объект которого — агент-ориентированные модели, используемые для моделирования социально-экономических систем с применением суперкомпьютерных технологий и геоинформационных систем. Обобщён зарубежный и отечественный опыт управления развитием социально-экономического пространства как социально-экономической системы. На основе обзора международного опыта оценки эффективности систем управления, в том числе управления социально-экономическими системами, проведён анализ содержания понятий “агент-ориентированные модели” и “геоинформационные системы”, их субъектов и объектов. На примере разработанных при участии авторов агент-ориентированных моделей конкретизированы особенности их реализации на базе геоинформационных систем.

**Ключевые слова:** качество жизни, экономика качества, мониторинг, агентные модели, агент-ориентированные модели (АОМ), математическое моделирование, геоинформационные системы (ГИС).

DOI: 10.7868/S0869587316080089

Проблема повышения качества жизни как главного фактора национальной конкурентоспособности — стратегическая задача развития государства. Например, В.В. Иванов в своей монографии исходит из того, что “абсолютной ценностью является человеческая жизнь, а основной задачей развития современного общества — повышение качества жизни” [1, с. 8]. В этой связи особый ин-

терес представляют вопросы взаимодействия власти, общества, бизнеса и науки, повышение конкурентоспособности стран и регионов и проблема технологического развития, главное направление которого заключается в замене индустриального труда интеллектуальным. Последнее возможно только при наличии качественно новых технологий, базирующихся на результатах фундаментальных научных исследований.



МАКАРОВ Валерий Леонидович — академик РАН, директор ЦЭМИ РАН. ОКРЕПИЛОВ Владимир Валентинович — академик РАН, генеральный директор ФБУ “Тест — С.-Петербург”.

Качество любого конкретизированного пространства или территории можно оценить через характеристику соответствующих единиц, входящих в это множество. Так, качество экономического пространства (территории) зависит от научно-технического и технологического уровня производства, качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции, интегрированности социально-экономических объектов на основе единого транспортного, информационного и логистического обеспечения. Требуемые для этого условия могут быть созданы благодаря внедрению современных методов управления качеством, прежде всего в сфере государственного управления, поскольку без инноваций в этой области все другие инновации становятся малоэффективными [2–4].

В России законодательно определены четыре уровня государственного управления: муниципальный, субъектов федерации, федеральный округов, федеральный. Рассмотрим тот уровень государственного управления, который наиболее близок к населению, — муниципальный.

Внедрение системы управления качеством позволяет руководству органа местного самоуправления выявлять закономерности изменений и связи между ними, а также влечёт за собой изменение представления о сотрудниках органа местного самоуправления, формирование солидарной ответственности за всё происходящее на территории, где действует такой орган [5]. Система управления предусматривает периодическую оценку эффективности процесса управления. ГОСТ Р 52614.4-2007 предлагает методику самооценки качества работы органов местного самоуправления по 39 критериям в 4 основных категориях. Используются 3 уровня выполнения критериев, условно характеризующихся цветом (“красный”, “жёлтый” и “зелёный”). Красный цвет соответствует неудовлетворительному выполнению критериев, жёлтый означает, что орган местного самоуправления предпринял некоторые усилия по улучшению качества работы, зелёный соответствует удовлетворительному качеству работы.

Некоторые из 39 критериев, перечисленных в ГОСТ Р 52614.4-2007, могут быть использованы для характеристики качества жизни населения конкретной территории. Например, критерии “содействие занятости”, “содействие региональному профессиональному обучению”, “обеспечение системы и инфраструктуры коммуникаций” предполагают развитие производства, создание рабочих мест, обеспечение их квалифицированными кадрами и доступность предприятий для трудящихся. Всё это непосредственным образом сказывается на увеличении доходов населения. На уровень благосостояния влияют также критерии “ответственность за социально незащищённые слои населения и население, входящее в группы риска” и “борьба с бедностью”. Продолжительность жизни определяется “развитием здравоохранения”, “содействием спорту и отдыху”, “приемлемым уровнем муниципального строительства”. Экологическая обстановка на территории оценивается при помощи таких критериев, как “мониторинг качества воздуха”, “защита водных ресурсов”, “мониторинг и защита почвы”. Кроме того, на состояние природы влияют “защита природных ресурсов”, “ответственность за сбор отходов и распоряжение ими” и “содействие экологическому образованию”.

Существенным недостатком рассматриваемого набора является отсутствие показателей, характеризующих демографическую обстановку. Это не позволяет в полной мере оценить работу органа местного самоуправления по повышению качества жизни населения. К слабостям следует

отнести также описательный характер критериев и наличие всего лишь трёх ступеней развития. Остаётся неясным, какими могут быть пути дальнейшего развития после достижения удовлетворительного качества, символизируемого зелёным цветом. Следовательно, перечень показателей необходимо дополнить соответствующими критериями, отражающими демографическую обстановку, а также предусмотреть точные количественные характеристики показателей.

Сложность моделирования и синтеза систем управления, базирующихся на фундаментальных знаниях, разработки механизмов целеполагания и пересмотра критериев качества управления, а также средств поддержки принятия стратегических и управленческих решений на различных иерархических уровнях социально-экономических систем и мониторинга управления качеством жизни заставляет искать новые методологические подходы. Сегодня всё более широко используются методы оптимизации в математических моделях различных социально-экономических систем, экспертная оценка и прогноз качества жизни населения, развивается универсальный математический и компьютерный инструментальный и его применение для новых форматов пространственного развития.

Для имитации поведения сложных социально-экономических систем, к которым относятся и муниципальные образования, более всего подходят быстро прогрессирующие агент-ориентированные модели (АОМ) [6–8]. Основная идея, лежащая в основе моделей этого класса, заключается в построении вычислительного инструмента, представляющего собой совокупность агентов с определённым набором свойств и позволяющего проводить симуляции реальных явлений. От объектно-ориентированных моделей АОМ отличаются “активностью” своих элементов, каждый из которых обладает не только заданным набором личностных характеристик (“ресурсов”), но и целевой функцией (“интересами”), на основе чего имитируется его реакция на изменения внешней среды, затрагивающие сферу его интересов (“поведение”). Появление АОМ можно рассматривать как результат эволюции методологии моделирования, а именно, перехода от мономodelей (одна модель — один алгоритм) к мультимodelям (одна модель — множество независимых алгоритмов). Таким образом, АОМ — искусственное общество, состоящее из взаимодействующих самостоятельных агентов, поэтому данный инструмент позволяет смоделировать систему, максимально приближённую к реальности.

В настоящее время обозначились две основные тенденции развития АОМ: суперкомпьютерное моделирование и разработка АОМ на базе геоинформационных систем [9–11]. По своей су-

ти геоинформационные системы (ГИС) позволяют создавать базы данных, которые сочетают графическое и атрибутивное представление разнородной информации. Кроме того, они обеспечивают возможность пространственного анализа данных и представление его результатов в привычной для пользователей форме — в виде графиков, диаграмм, таблиц, карт и т.д. Существует большое количество программных продуктов, используя которые, можно разрабатывать ГИС: ArcGIS, MapInfo и др. Спектр задач, решаемых с помощью ГИС, достаточно широк, включая поиск места под новое строительство (транспортное, жилищное, промышленное), оптимизацию размещения предприятий, управление инфраструктурой (дорожное хозяйство и т.д.), кадастровое картографирование земель и объектов собственности, планирование землепользования, анализ пригодности земель, районирование и комплексную оценку территорий, экологический мониторинг, оценку и прогнозирование состояния окружающей среды, мониторинг, оценку и прогнозирование в области устойчивого развития сообществ и качества жизни населения.

В содержательном плане абсолютно естественно представить действия агентов в геоинформационных системах, что существенно приближает агент-ориентированные модели к реальности. В компьютерных, особенно онлайн-играх (например, Second life — см. <http://www.aag.org/>), подобное объединение имеет место, но пока такие игры плохо приспособлены к использованию в качестве инструмента для научных и практических целей. При этом, как свидетельствуют результаты состоявшейся в феврале 2012 г. специальной конференции Ассоциации американских географов “Агент-ориентированные модели и географические системы” (подробнее см. <http://secondlife.com>), существенного прорыва в объединении программного обеспечения для разработки АОМ и ГИС пока не произошло. Ниже мы рассмотрим ключевые вопросы совмещения агент-ориентированных моделей и геоинформационных систем.

**Использование ГИС для АОМ.** ГИС позволяют искать, анализировать и редактировать информацию об объектах, имеющих графическое представление. Рассмотрим в качестве примера ГИС большей части Юго-Западного административного округа г. Москвы [12]. С помощью такой системы можно решать широкий круг задач даже без применения математических методов и моделей, в частности, задачу геомаркетинга. Допустим, требуется обосновать выбор места для нового торгового центра. Сканируя слои ГИС (рис. 1) с заданной детализацией, можно провести пространственный анализ данных с целью оптимизации будущего расположения центра относительно целево-



Рис. 1. Сканирование слоёв ГИС для задач исследования

го сегмента (жителей с определённым уровнем дохода), конкурентов, точек собственной сети, объектов городской инфраструктуры (метро, рынки, бизнес-центры) и др.

ГИС-технологии, используемые в основном для анализа и визуализации пространственных данных, первоначально не рассматривались в качестве инструментов динамического имитационного моделирования [13–15]. Тем не менее современные ГИС содержат средства для сложного анализа пространственных данных, создания и редактирования пространственных объектов, оценки близости объектов, размещения символов и надписей на карте, анализа поверхности, задавания правил пространственного поведения объектов, осуществления операций экспорта и импорта данных. Как правило, все эти возможности пользователи реализуют через графический интерфейс, но доступ к ним возможен и через интерфейс программирования API. Это важно, поскольку в последнем случае пространственный анализ может быть существенно дополнен другими методами анализа. Таким образом, производители ГИС способствуют расширению областей их применения (в том числе и за счёт агентного моделирования), увеличивая рыночный потенциал своих продуктов. Ознакомиться с уже реализованными на базе ГИС агент-ориентированными моделями можно, например, на сайте <http://www.gisagents.org/>.

**Отображение движения агентов в моделях, построенных на базе ГИС с использованием ArcGIS.** Если при работе АОМ, построенной на базе ГИС, необходима анимация агентов, основное требование к их отображению заключается в том, что местоположение агентов, их размер и другие графические атрибуты должны обновляться быстро, без задержек и в соответствии с логикой работы

Реализация некоторых функций в рамках трёх механизмов отображения агентов

Функция	Graphic Tracker	Dynamic display	Temporal feature layer
Стандартная карта	•		•
Динамическая карта	•	•	•
Глобус	•		•
Отображение в виде графики	•	•	
Отображение в виде слоя		•	•
Простая маркировка	•	•	•
Сложная маркировка		•	•
Отображение точек	•	•	•
Отображение линий	•	•	
Отображение полигонов	•	•	
Редактирование	•		•
Печать	•		•

модели. Рассмотрим в качестве примера способы графического отображения агентов в АОМ на базе ГИС, реализованных с помощью пакета ArcGIS. Они сводятся к использованию одного из трёх инструментов: 1) графического поиска (GraphicTracker); 2) динамической графики (или динамического отображения — dynamic display); 3) временного функционального слоя (temporal feature layer).

Графический поиск позволяет разработчику визуализировать одновременно множество графических объектов, позиционирующихся на ГИС-карте. Основное преимущество его использования заключается в простоте управления местоположением объектов, их маркировкой и т.д. GraphicTracker также автоматически управляет обновлением отображения ГИС на экране.

Использование динамического отображения ГИС-карты позволяет работать с ещё большим числом движущихся объектов, сохраняя при этом все возможности графического поиска за исключением редактирования, печати в интерактивном режиме и некоторых других не столь существенных функций (табл.). Применение динамического слоя существенно повышает производительность конечного приложения. Однако для успешной реализации программы и получения выигрыша в производительности по сравнению с двумя другими механизмами отображения движущихся объектов разработчик должен написать более сложный программный код, а также провести специальную обработку данных слоя. Кроме того, для использования динамической графики требуется лицен-

зия на запуск ArcGIS Engine Runtime, приобретаемая отдельно.

Временной функциональный слой целесообразно использовать для визуализации данных с Tracking Server — серверного продукта семейства ArcGIS, с помощью которого можно собирать данные из различных источников для последующего отображения у конечных пользователей посредством Интернета. Временной функциональный слой хранит получаемую информацию во внутренней памяти, обновляется по умолчанию один раз в секунду, но может быть переконфигурирован и на другую частоту обновления. Помимо этого, он обладает уникальными средствами визуализации свойств объектов в зависимости от периода их существования, а также от местоположения. Для загрузки в приложение временного функционального слоя требуется установка дополнительного модуля ArcGIS — Tracking Analyst, который позволяет визуализировать временные ряды данных с учётом местоположения и других атрибутов. Более подробная информация о возможностях графического представления объектов в ArcGIS с использованием библиотеки ArcObjects доступна на сайте <http://help.arcgis.com>.

Рассмотрим конкретный пример совместного использования ArcGIS и VS.NET для отображения движения агентов. Как уже отмечалось, для большей производительности целесообразно использовать dynamic display, но в этом случае код приложения будет сложнее, а также потребуются дополнительная лицензия ArcGIS Engine Runtime. Поэтому инструментом отображения простого поведения агентов в ГИС выступит элемент библиотеки ArcObjects GraphicTracker. Для быстрой и эффективной разработки АОМ на базе ГИС целесообразно применять первый тип связывания двух продуктов — с использованием .NET-интерфейсов, то есть сильной связи. Язык программирования для реализации — C#.

Сначала мы создали ГИС небольшого участка одного из районов Москвы — Черёмушек (рис. 2). База данных ГИС включает число проживающих в жилых домах и работающих в офисных учреждениях людей, информация о которых может быть получена с помощью простого запроса. При инициализации модели создаётся количество агентов, равное числу людей в ГИС. В определённый момент каждый из агентов может выйти из своего здания и начать перемещение. Примеры кодов, позволяющих отобразить агента в рамках ГИС, как правило, приводятся в соответствующих листингах. Это нужно для того, чтобы показать, например, инициализацию объекта GraphicTracker посредством интерфейса IGraphicTracker, а потом сделать представление каждого агента в виде чёрной точки размером 5 пикселей. Эти точки с помощью метода Add() затем наносятся на карту в



соответствии с определёнными координатами. Для упрощения наглядного представления листинга пример перемещений таких агентов по карте представлен на рисунке 3. Поскольку модель очень простая, поведение агентов сводится к хаотичному блужданию по карте в пределах своего района. Если агент “натыкается” на здание, он делает запрос к базе данных ГИС и “узнаёт”, сколько в здании людей. По прошествии определённого времени покинувшие свои дома агенты возвращаются назад.

Таким образом, разработка АОМ на базе ГИС технически не представляет особой сложности. Затруднения в вычислении АОМ на базе ГИС обусловлены аппаратными возможностями компьютеров, используемых в новом качестве.

**Агентная модель транспортной системы г. Москвы.** В настоящее время известны различные агент-ориентированные модели, построенные на базе геоинформационных систем (подробнее см. [6, 8, 16]). С использованием упомянутой выше технологии была разработана АОМ автомобильных пробок г. Москвы, позволяющая решать задачи масштаба городской агломерации, связанные с оценкой работы всей транспортной системы в результате изменения следующих её элементов: введение новых радиальных или кольцевых автомагистралей; временное закрытие или ликвидация какого-либо элемента транспортной системы; введение экономических санкций (плата за проезд по магистрали, за въезд в зону центра и т.п.). Наибольшая трудность при построении модели заключалась в сборе статистической информации для её спецификации.

В модели автомобильных пробок присутствуют три типа агентов:

- 1) агент (человек), который хочет добраться из пункта А в пункт В;
- 2) легковой автомобиль, перевозящий в среднем двух человек;
- 3) общественный транспорт, перевозящий примерно 150 человек.

Агенты первого типа принимают решение о выборе транспортного средства (то есть о выборе агента второго или третьего типа) с учётом ряда факторов, речь о которых пойдёт ниже. Агенты второго и третьего типа имеют привязку к анимационной диаграмме, меняющейся в режиме реального времени, а их отображение (то есть скорость перемещения и местоположение в момент времени  $t$ ) зависит от конкретной ситуации.

Анимационная диаграмма представляет собой карту города (в данном случае Москвы, хотя это не принципиально), детализированную до уровня крупных транспортных магистралей. Карта имеет вид рисунка, поверх которого наложена транспортная сеть, а её элементы — это экземпляры соответствующих Java-классов. В зависимости

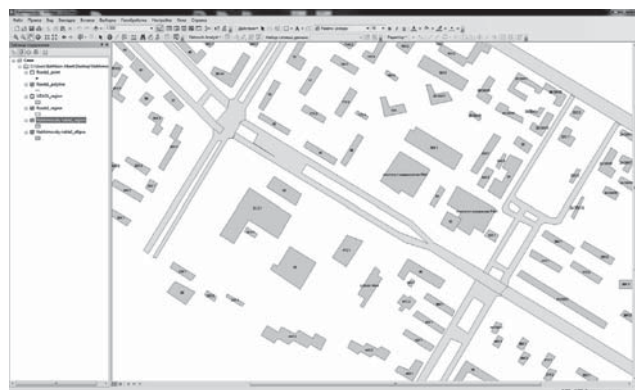


Рис. 2. Фрагмент ГИС района Черёмушки г. Москвы

от количества транспортных единиц, задействованных в текущий момент, меняется скорость их передвижения, а также могут возникать автомобильные пробки в местах пересечения наиболее оживлённых транспортных магистралей. Запрограммированная транспортная сеть состоит из узлов (конечных и начальных маршрутов для агентов первого типа), а также путей для передвижения агентов второго и третьего типа. Для большей реалистичности в программе предусмотрено, чтодвигающиеся агенты должны выдерживать дистанцию между собой.

На рисунке 4 в детализированном виде представлено передвижение агентов второго и третьего типа между узлами сети. Расстояние между анимационными отображениями обозначенных агентов не может быть меньше определённой дистанции, но может быть больше. В компьютерном приложении эта особенность поведения агентов представляет наибольшую сложность для программной реализации. Той же точки зрения придерживаются Д. Хелбинг [17] и Х. Дегучи [18].

От технических аспектов перейдём к рассмотрению самой транспортной системы Москвы.



Рис. 3. Перемещение агентов (чёрные точки) в рамках ГИС

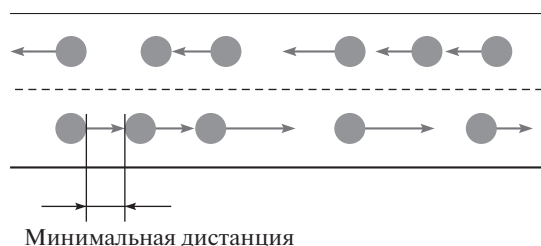


Рис. 4. Движение агентов по транспортной магистрали с соблюдением дистанции

Количество агентов первого типа задаётся согласно статистическим данным о численности населения в районах города. Для оценки межрайонных корреспонденций используется гравитационная модель, основанная на предположении о том, что корреспонденция из одного района в другой тем больше, чем больше ёмкости районов прибытия и отправления и чем ближе они расположены друг к другу [19]. Общий вид гравитационной модели задаётся соотношением

$$F_{ij} = \frac{(\alpha_i \cdot D_i) \cdot (\beta_j \cdot A_j)}{\exp(\lambda \cdot S_{ij})}, \quad (1)$$

где  $D_i$  — количество человек, отправленных из района  $i$ ;  $A_j$  — количество человек, прибывших в район  $j$ ;  $S_{ij}$  — расстояние между районами  $i$  и  $j$ ;  $\alpha_i$ ,  $\beta_j$  — балансирующие коэффициенты.

Для построения матрицы межрайонных корреспонденций потребовались следующие данные: 1) ёмкости районов по отправлению (в рамках модели это трудоспособное население, которое в рабочие дни добирается до работы); 2) ёмкости районов по количеству рабочих мест; 3) затраты на передвижения из каждого рассматриваемого в модели района во все остальные районы города, измеряемые в километрах. Всего в модели было рассмотрено 8 укрупнённых районов — административных округов: южный, юго-восточный, юго-западный, восточный, запад-

ный, северный, северо-западный, северо-восточный, центральный.

Значения функции тяготения  $\exp(\lambda \cdot S_{ij})$  оказывают обратное воздействие на объём межрайонных корреспонденций и зависят от расстояния между районами и коэффициента  $\lambda$ , определяющего силу тяготения в соответствии с целями поездки. Как правило, для деловых поездок значение этого параметра меньше, чем для поездок, связанных с другими целями (развлекательными и т.д.). В рамках разработанной модели  $\lambda = 0.09$ .

Балансирующие коэффициенты  $\alpha_i$  определяются таким образом, чтобы количество всех людей, отправленных в разные районы ( $j$ ) города из района  $i$ , совпадало с общим количеством отправленных человек, то есть

$$\sum_j F_{ij} = D_i. \quad (2)$$

Таким же образом подбираются балансирующие коэффициенты  $\beta_j$  для людей, прибывающих в район  $j$ :

$$\sum_i F_{ij} = A_j. \quad (3)$$

Расчёт этих коэффициентов (балансировка матрицы корреспонденций) был осуществлён с помощью надстройки пакета MS Excel — “Solver”.

При спецификации агентов учитывался тот факт, что на выбор типа транспортного средства влияют два основных фактора, имеющих различную природу, — экономическую и психологическую. Психологический фактор подразумевает комфорт, получаемый от поездки на личном автомобиле, который до определённого момента перевешивает дискомфорт от возрастающих затрат. Влияние экономического фактора осуществляется через эмпирически полученную функцию (рис. 5), где зависимой переменной является вероятность выбора личного транспорта в качестве средства передвижения до пункта назначения, а независимой — доля расходов на личный автотранспорт в общем объёме расходов. Таким образом, агент первого типа, имея информацию о предстоящих расходах, выбирает тот или иной способ передвижения по городу.

\*\*\*

В настоящее время остаётся нерешённым ряд вопросов совмещения АОМ и ГИС, в частности, вопросы, касающиеся обработки данных агентами [20–22]. Самой важной проблемой является скорость работы АОМ, построенной на базе ГИС и включающей большое количество агентов, её пока нельзя признать удовлетворительной. Наш опыт реализации подобной модели также свидетельствует о том, что приемлемое время ра-

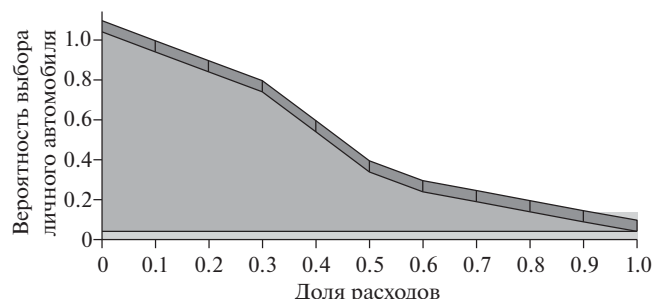


Рис. 5. График функции вероятности выбора личного транспорта в зависимости от расходов на его содержание

боты модели достигается только при небольшом числе агентов (не более 100). Решение видится в увеличивающейся производительности современных процессоров и в распараллеливании кода ресурсоёмких моделей, что отмечают и другие авторы [23, 24]. Со своей стороны подчеркнём: все реализованные нами в ГИС агенты непрерывно воспроизводили ресурсоёмкие операции, связанные с пространственными запросами. И в этом смысле модель, по сути, тестировала способность обычного персонального компьютера выполнять большое число операций в единицу времени. В то же время взаимодействие с ГИС, а значит, и использование аппаратных средств, можно значительно сократить, введя в модель “память” агента, который будет с самого начала знать маршрут и запрашивать у ГИС информацию (например, о наличии того или иного необходимого ему ресурса) достаточно редко, хотя возможность такой модификации, безусловно, зависит от конкретной задачи.

Поскольку качество пространства, в том числе и экономического, влияет на качество жизни населения, оценивая качество жизни, мы тем самым можем оценить качество пространства в целом и определить возможные тенденции его развития. Следовательно, механизмы повышения качества жизни населения могут способствовать и повышению качества пространства в целом. Поэтому для оценки пространственного развития возможно использовать такие инструменты и методы, как многоуровневая система управления качеством, агент-ориентированные модели, геоинформационные системы, методология моделирования.

Представленные в статье результаты получены при выполнении научно-исследовательской работы в рамках Программы П.4П Президиума РАН “Фундаментальные проблемы математического моделирования” по проекту “Проведение фундаментальных исследований методами математического моделирования в области оценки систем управления, устойчивости экономических систем, метрологии, стандартизации с использованием суперкомпьютерных технологий”. Основной задачей проекта была разработка теоретико-методологических и нормативных аспектов внедрения в практику управления индикаторов и показателей, раскрывающих направленность управленческой деятельности на обеспечение качества жизни населения при моделировании процессов социально-экономического пространства. Данный аспект представлен на рисунке 6, где наглядно иллюстрируется взаимосвязь стандартизации, метрологии и управления качеством и их влияние на объект устойчивого развития, в данном аспекте — на конкретный регион [15]. Новизна исследования заключается в анализе, обобщении и внедрении инструментов экономики качества



Рис. 6. Влияние элементов экономики качества (стандартизации, метрологии и управления качеством) на устойчивое развитие

при управлении социально-экономическими системами, в том числе для повышения эффективности деятельности по обеспечению достойных условий жизнедеятельности человека в социально-экономическом пространстве на основе использования методологии моделирования, а его значимость определяется необходимостью реализации комплексной, научно обоснованной и поддерживаемой обществом концепции обеспечения качества жизни населения. Как было показано, сегодня данное направление исследований открывает заманчивые перспективы для развития территорий России. В дальнейшем на основании проделанной работы будут подготовлены конкретные предложения по разворачиванию такой системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.В. Инновационная парадигма XXI. М.: Наука, 2015.
2. Окрепилов В.В. Пространственная экономика и качество // Экономика и управление. 2009. № 12. С. 32–35.
3. Окрепилов В.В., Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Кузьмина С.Н. Применение суперкомпьютерных технологий для моделирования социально-экономических систем // Экономика региона. 2015. № 2. С. 301–312.
4. Андросенко Н.В., Кузьмина С.Н. Использование методов математического моделирования и инструментов экономики качества для обеспечения устойчивого развития социально-экономических

- систем; *Androsenko N.V., Kuzmina S.N.* Methods of mathematical modeling and tools of economy of quality for providing a sustainable development of social and economic systems // Интернет-журнал “Науковедение”. 2014. Вып. 6 (25). Идентификационный номер статьи в журнале: 155EVN614. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru>
5. *Окрепилов В.В.* Применение суперкомпьютерных технологий для прогнозирования параметров качества жизни населения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2015. № 3(221). С. 9–18.
  6. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д.* Агент-ориентированная социо-эколого-экономическая модель региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 3(288). С. 2–11.
  7. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р.* Применение суперкомпьютеров для реализации крупномасштабных мультиагентных систем // Управление развитием крупномасштабных систем (Современные проблемы. Выпуск 2) / Под ред. А.Д. Цвиркуна. М.: Издательство физико-математической литературы, 2015. С. 77–95.
  8. *Cederholm M.* Using ArcObjects in Python // Uni-Source Energy Services. ESRI Developer Summit, March 22–25, 2010, Palm Springs, CA. Palm Springs, CA: PS Conventiom Centre, 2010. С. 73–81.
  9. *Афанасьев М.Ю., Бахтизин А.Р., Володько М.В., Лысенкова М.А.* Модель оценки инновационной активности регионов РФ. Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 2 // Материалы XVI Всероссийского симпозиума “Стратегическое планирование и развитие предприятий”. Москва, 14–15 апреля 2015 г. / Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН, 2015. С. 15–18.
  10. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р.* Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений // Управленческое консультирование. 2015. № 7. С. 12–24.
  11. *Crooks A.T., Castle C.* The integration of agent-based modelling and geographical information for geospatial simulation // Agent-based models of geographical systems / Ed. by A.J. Heppenstall, A.T. Crooks, L.M. See, M. Batty. Dordrecht: Springer, 2012. P. 219–252.
  12. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р.* Новый инструментарий в общественных науках — агент-ориентированные модели: общее описание и конкретные примеры // Экономика и управление. 2009. № 12(50). С. 13–25.
  13. *Goodchild M.F.* GIS, spatial analysis, and modelling overview // GIS, spatial analysis and modelling / Ed. by D.J. Maguire, M. Batty, M.F. Goodchild. Redlands: ESRI Press, 2005. P. 1–18.
  14. *Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W.* Geographical information systems and science. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Wiley, 2005.
  15. *Maguire D.J.* Towards a GIS platform for spatial analysis and modeling // GIS, spatial analysis and modeling / Ed. by D.J. Maguire, M. Batty, M.F. Goodchild. Redlands: ESRI Press, 2005. P. 19–40.
  16. *Hillier A., Tomlin D.* Agent-based Modeling of Urban Phenomena in GIS // Masters in Urban Spatial Analytics. Pennsylvania: University of Pennsylvania, 2007. P. 13–15.
  17. *Managing Complexity: Insights, Concepts, Applications* / Ed. by D. Helbing. Berlin: Springer, 2007.
  18. *Deguchi H.* Economics as an Agent-Based Complex System. Berlin: Springer, 2004.
  19. *Швецов В.И.* Основы моделирования транспортных потоков. М.: Изд-во Института системного анализа РАН, 2007.
  20. *Gilbert N.* Agent-based models. London: Sage, 2007.
  21. *Strout N., Li N.* What is the Agent Analyst? // ESRI International User Conference Proceedings. San Diego, CA: University of Redlands, 2006.
  22. *Westervelt J.D.* Geographic information systems and agent-based modelling // Integrating geographic information systems and agent-based modeling techniques for simulating social and ecological processes / Ed. by H.R. Gimblett. Oxford: Oxford University Press, 2002. P. 83–104.
  23. *Kennedy R.C., Lane K.E., Fuentes A. et al.* Spatially aware agents: An effective and efficient use of GIS data within an agent-based model // SpringSim '09 Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference. Society for Computer Simulation International. San Diego, CA, USA, 2009.
  24. *Agent-based models of geographical systems* / Ed. by A.J. Heppenstall, A.T. Crooks, L.M. See, M. Batty. Dordrecht: Springer, 2012.



## НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ МАЛОТОННАЖНОЙ ГАЗОХИМИИ

© 2016 г. С.М. Алдошин<sup>а</sup>, В.С. Арутюнов<sup>а,б</sup>, В.И. Савченко<sup>а</sup>, И.В. Седов<sup>а</sup>, И.А. Макарян<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, Россия

<sup>б</sup> Институт химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН, Москва, Россия

e-mail: director@icp.ac.ru; arutyunov@chph.ras.ru; vsavch@icp.ac.ru; isedov@icp.ac.ru; irenmak@icp.ac.ru

Поступила в редакцию 12.01.2016 г.

Повышение роли природного газа и, соответственно, газохимии в экономике XXI в. требует формирования новых газохимических процессов, более гибких по отношению к сырью и получаемым продуктам и рентабельных даже в малотоннажном исполнении. Базой для создания нового поколения газохимических технологий могут стать фундаментальные исследования и разработки, проводимые в Институте проблем химической физики РАН совместно с Институтом химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН.

**Ключевые слова:** природный газ, попутный газ, газохимия, синтез-газ, парциальное окисление, оксигенаты, метанол.

DOI: 10.7868/S0869587316080028

Большие мировые запасы нефти и относительная простота процессов её переработки (крекинг, пиролиз, дегидрирование, изомеризация) с возможностью использования равновесных каталитических процессов обеспечили быстрое развитие нефтехимии и обусловили её огромную роль в мировой экономике XX в. Получаемые из нефти моторные топлива и разнообразные синтетические продукты сформировали облик нашей современной цивилизации, придали ей тот динамизм и мобильность, без которых немыслимо современное общество, обеспечили комфорт и высокий уровень жизни. К сожалению, эпоха обильных и дешёвых ресурсов нефти заканчивается, неизбежность их исчерпания в течение двух-трёх десятилетий становится очевидной.

Природные процессы сформировали в земной коре огромные запасы природного газа, во много раз превышающие ресурсы жидких углеводородов, благодаря чему человечество ещё в течение

длительного времени сможет удовлетворять свои потребности в энергии и углеводородном сырье. При этом нетрадиционные ресурсы газа, к которым относятся газ плотных пород, угольный метан, сланцевый газ и особенно колоссальные ресурсы газовых гидратов, на два порядка превосходят ресурсы традиционного природного газа и почти вдвое — все остальные углеводородные ресурсы в земной коре, включая запасы угля и нефти. Поэтому XXI век неизбежно станет веком газа и, соответственно, веком газохимии.

Появление новых технологий добычи уже привело к резкому увеличению объёма доступных ресурсов газа и снижению его цены по отношению к нефти, что делает привлекательным использование природного газа не только в качестве топлива, но и в качестве ценного нефтехимического сырья. Большое значение имеет также рациональное использование попутного нефтяного газа (ПНГ), растворённого в нефти и выделяющегося при её сепарации. В отличие от природного газа, состоящего в основном из метана, ПНГ содержит значительное количество этана, пропана, бутана и других предельных углеводородов.

По существу, газохимия является той же нефтехимией, но на основе метана, она позволяет получать всё то огромное разнообразие продуктов, которое производит современная нефтехимия. Принципиальным отличием газохимии от традиционной деструктивной нефтехимии является конструктивная направленность процессов. Цель

АЛДОШИН Сергей Михайлович — академик РАН, директор ИПХФ РАН. АРУТЮНОВ Владимир Сергеевич — доктор химических наук, заведующий объединённой лабораторией технологий газохимических процессов ИПХФ РАН и ИХФ РАН. САВЧЕНКО Валерий Иванович — доктор химических наук, главный научный сотрудник ИПХФ РАН. СЕДОВ Игорь Владимирович — кандидат химических наук, заведующий химико-технологическим отделом ИПХФ РАН. МАКАРЯН Ирэн Арменовна — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ИПХФ РАН.



газохимии — получение из наиболее простой и термодинамически стабильной углеводородной молекулы  $\text{CH}_4$  огромной совокупности более сложных и менее стабильных продуктов, которые сейчас производит нефтехимия.

Один из немногих продуктов, которые можно получать из метана в термодинамически равновесном процессе, — это синтез-газ. Поэтому практически все современные крупнотоннажные газохимические технологии включают в качестве первой стадии процесса конверсию природного газа именно в синтез-газ. Но классические технологии получения синтез-газа требуют большого расхода энергии и интенсивных тепловых потоков, на их долю приходится до 70% всех затрат на получение таких базовых продуктов, как метанол или синтетические жидкие углеводороды (СЖУ) по так называемым GTL-технологиям (gas-to-liquids). Из-за сложности традиционных газохимических процессов удельные капиталовложения в них почти на порядок выше, чем в нефтехимию. Даже в максимально благоприятных условиях Мексиканского и Персидского заливов экономические оценки реализации современных GTL-технологий ещё до падения цены нефти балансировали на грани рентабельности. После почти двукратного падения цен на сырую нефть финансовые перспективы газохимических предприятий пошатнулись. Из-за необходимости огромных инвестиций и неопределённой финансовой ситуации в мире в ближайшее время не ожидается существенного увеличения количества GTL-производств. Например, компания “Шелл” сообщила, что отказывается от продолжения работ по проекту GTL на побережье Мексиканского залива мощностью 140 тыс. баррелей в сутки.

В настоящее время продукция даже наиболее крупных предприятий мирового уровня по конверсии природного газа в жидкие углеводороды неконкурентоспособна не только по сравнению с традиционной, но даже с трудно извлекаемой нефтью. С учётом же того, что подавляющая часть запасов природного газа, включая нетрадиционные ресурсы, сосредоточена в удалённых, труднодоступных и часто малодебетных месторождениях, использование на их базе современных крупнотоннажных газохимических технологий, проектирование, изготовление, строительство и эксплуатация которых под силу только крупнейшим мировым компаниям, становится просто неэффективным.

Что касается малотоннажных GTL-установок, то их разработано и испытано пока ещё очень мало. Проблема создания рентабельных малотоннажных технологий переработки природного газа и ПНГ привлекает внимание многих зарубежных

компаний, в числе которых наиболее известны “Compact GTL”, “Velocys”, “Syntroleum”.

Однако, несмотря на определённые успехи в создании малотоннажных технологий (например, на базе микроканальных реакторов), предложенные к настоящему времени технологические решения остаются слишком сложными и дорогостоящими для практического использования, особенно в российских условиях. В то же время сегодня более половины углеводородного сырья в нашей стране добывается на малых и средних месторождениях, поэтому ощущается острая потребность в мобильных малотоннажных установках для его переработки.

Проблема создания малой распределённой энергетики и малотоннажной газохимии на базе традиционных процессов очистки ПНГ от тяжёлых компонентов и традиционных технологий его конверсии в химические продукты до сих пор остаётся нерешённой. Большинство предлагаемых альтернативных вариантов фактически воспроизводят традиционную классическую схему получения GTL-продуктов, что вряд ли позволит добиться существенного снижения их себестоимости. Для разработки более совершенных, экономически эффективных и экологически безопасных технологий превращения природного и попутного нефтяного газа в ценные химические продукты и моторные топлива требуются принципиально новые решения.

**Возможные пути развития малотоннажной газохимии.** В разработке малотоннажных газохимических технологий нового поколения можно проследить два принципиально разных направления: поиск путей повышения эффективности классических технологий на базе получения синтез-газа; разработка методов прямой конверсии природного газа в жидкие продукты без его предварительной конверсии в синтез-газ.

Поисками альтернативных технологий конверсии углеводородных газов в синтез-газ сейчас занимается большое число различных исследовательских групп как в России, так и за рубежом. Среди наиболее распространённых направлений отметим следующие: окисление на керамических мембранах, микроканальные реакторы, окисление метана при миллисекундных временах контакта, получение синтез-газа на основе энергетических технологий, процессы на основе фильтрационного горения [1].

Среди методов прямой конверсии природного газа в химические продукты без стадии получения синтез-газа наиболее популярны: прямое окисление углеводородных газов в метанол и другие оксигенаты, окислительная конденсация метана в этан и этилен, галоидирование и оксигалоидиро-

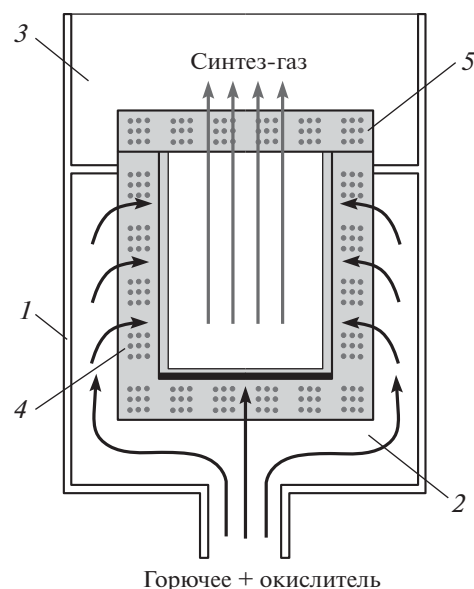
вание метана, каталитическая ароматизация метана.

Нами предложены и в последние годы активно разрабатываются следующие принципиально новые методы переработки углеводородных газов: конверсия углеводородов в синтез-газ на основе проницаемых объёмных матриц; прямая конверсия природного и попутного нефтяного газа без его предварительной конверсии в синтез-газ. В работах по созданию прямых методов конверсии природного газа в химические продукты исследуются: прямое парциальное окисление природного газа в оксигенаты (метанол, формальдегид, этанол и др.); селективный окислительный крекинг тяжёлых компонентов  $C_3-C_7$  попутных газов с получением газомоторного топлива с высоким метановым индексом; парциальное окисление или окислительный крекинг углеводородов с последующим карбонилированием и/или олигомеризацией продуктов; сопряжённая окислительная конверсия этилена и метана с получением пропилена и других продуктов.

Далее кратко представлены исследования ИПХФ РАН в области переработки природного и попутного нефтяного газов в ценную химическую продукцию с высокой добавленной стоимостью.

**Конверсия углеводородов в синтез-газ на основе проницаемых объёмных матриц.** При создании малотоннажных методов конверсии углеводородных газов в синтез-газ упор, как правило, делается на автотермические процессы, не требующие дорогостоящего и металлоёмкого теплообменного оборудования и больших затрат на получение тепла и пара. Основная проблема — обеспечить условия для конверсии как можно более богатых углеводород-кислородных смесей, максимально близких к стехиометрии образования синтез-газа, например, для метана:  $CH_4 + 1/2O_2 \rightarrow CO + 2H_2$ .

Для создания более эффективных методов конверсии углеводородных газов в синтез-газ в последние годы нами совместно с лабораторией горения ИХФ РАН (руководитель — профессор В.М. Шмелёв) был предложен принципиально новый метод, основанный на использовании проницаемых объёмных матриц [2–4]. На рисунке 1 представлена принципиальная схема, объясняющая работу такого конвертора. В результате интенсивного теплообмена фронта пламени с поверхностью беспламенного горения вблизи внутренней поверхности проницаемой объёмной матрицы протекает при значительно более низкой температуре, чем в традиционных горелочных устройствах. Происходящая при этом рекуперация значительной доли тепла продуктов горения в тело матрицы и далее в свежую топливовоздушную смесь, а также частичное запыление ИК-излучения в закрытой полости матрицы позволяют



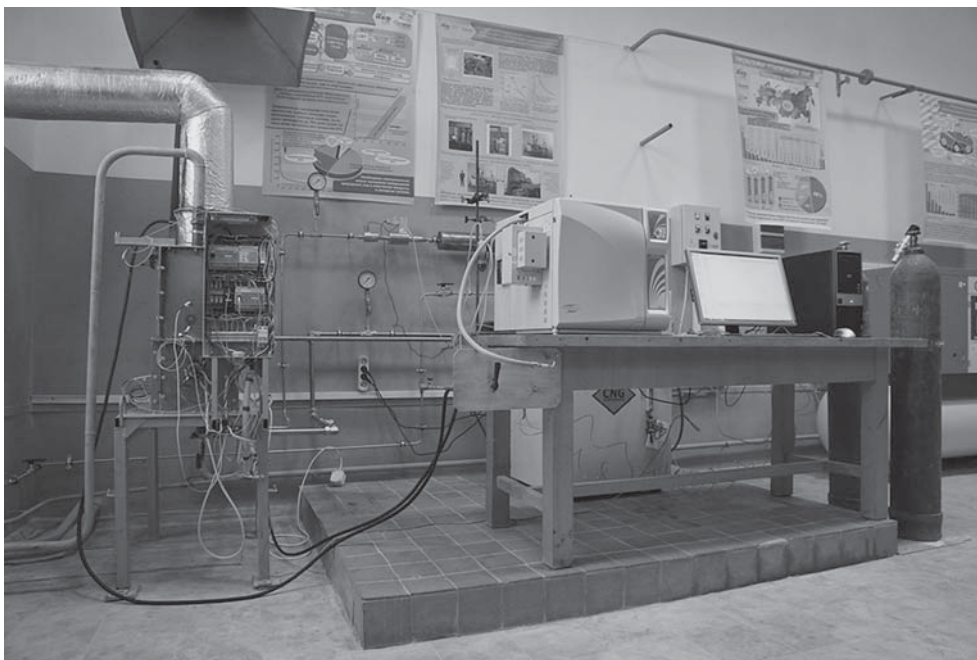
**Рис. 1.** Принципиальная схема конвертора на основе проницаемой объёмной матрицы

1 — корпус конвертора; 2 — камера со смесью горючего-окислителя; 3 — камера выхода синтез-газа; 4 — объёмная матрица из проницаемого для газа материала; 5 — крышка матрицы

заметно расширить пределы горения в сторону как бедных, так и богатых смесей.

Существенное расширение предела горения богатых смесей дало возможность создать принципиально новый метод конверсии углеводородов в синтез-газ. При оптимальной конструкции конвертора коэффициент избытка окислителя, обеспечивающий стабильное горение, может быть снижен до значения  $\alpha = [O_2]/2[CH_4] = 0.36$  и даже ниже, что при высокой, до 95%, конверсии метана гарантирует в этом некаталитическом процессе высокий выход синтез-газа. В ИПХФ РАН разработан демонстрационный конвертор атмосферного давления производительностью около  $8 \text{ м}^3/\text{ч}$  по входящему газу (рис. 2).

Достоинствами конверторов на основе проницаемых объёмных матриц являются: автотермический характер процесса, не требующий внешних источников тепла или энергии; почти на порядок более высокая объёмная производительность по сравнению с традиционными конверторами; простота конструкции и обслуживания, отсутствие катализаторов; компактность, низкая металлоёмкость; возможность использовать в качестве сырья газообразные углеводороды практически любого состава и даже жидкие углеводороды; большой диапазон допустимой производительности, который может быть реализован как за счёт размеров конвертора, так и за счёт комбинации необходимого числа однотипных модулей.



**Рис. 2.** Демонстрационный матричный генератор синтез-газа атмосферного давления производительностью до  $8 \text{ м}^3/\text{ч}$  по входящему газу

Конструкция конвертора обеспечивает возможность работы при окислении обогащённым воздухом и техническим кислородом при атмосферном, а также повышенном давлении.

Промышленное освоение объёмных матричных конверторов небольшой производительности на основе некаталитического парциального окисления углеводородных газов может способствовать решению проблемы перехода к экологически чистому водородному транспорту и водородной электроэнергетике, в том числе с использованием твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Это может быть реализовано, например, путём непосредственного сопряжения объёмных матричных конверторов и ТОТЭ в едином энергоблоке.

**Создание процессов Фишера–Тропша нового поколения.** Промышленная реализация процессов получения из природного газа синтетической нефти и жидких топлив путём переработки синтез-газа в углеводороды на основе синтеза Фишера–Тропша (СФТ) в настоящее время может быть оправдана лишь в исключительных случаях и только при организации промышленных производств мощностью более 1 млн. т в год, то есть при максимальной реализации эффекта масштаба. Это возможно при разработке крупнейших газовых месторождений [5]. Экономика этих процессов определяется, с одной стороны, высокими затратами на стадию получения синтез-газа (60–70% всех затрат), с другой — конкурентной ценой

на нефть (при цене нефти ниже 60 долл./баррель получение СЖУ становится нерентабельным). Сооружение таких предприятий требует огромных инвестиций. Например, создание GTL-комплекса в Катаре по технологии компании “Шелл” мощностью 6.5 млн. т в год (140000 баррелей в сутки) потребовало вложений около 24 млрд. долл., то есть более 170 тыс. долл./баррель в сутки. Удельные капиталовложения на создание производства меньшей мощности — 1.6 млн. т в год (32400 баррелей в сутки) — по технологии компании “Сасол” с использованием суспензионных аппаратов барботажного типа или, как их теперь называют, сларри-реакторов (от англ. slurry — суспензия) оказались заметно выше (~250 тыс. долл./баррель в сутки). Эффективность этих аппаратов выше, чем у реакторов с неподвижным катализатором компании “Шелл”, так как сларри-реакторы обеспечивают большую поверхность контакта катализатора, жидкости и газа и более интенсивную массоотдачу [6]. Однако экономическая необходимость создания производств большой мощности привела к тому, что в настоящее время в промышленной практике реакторы такого типа — это настоящие мастодонты высотой 60 м, диаметром 10 м и объёмом  $4500 \text{ м}^3$  [7].

Создание описанных выше объёмных матричных конверторов для получения синтез-газа небольшой и средней мощности открывает новые горизонты и в переработке синтез-газа в углеводороды по методу Фишера–Тропша, так как

предоставляет возможность использовать реакторы Фишера–Тропша нового дизайна, отличающегося от применяемых компаниями “Шелл” и “Сасол”.

Ранее нами была разработана оригинальная конструкция сларри-реакторной системы для проведения различных жидкофазных процессов с участием мелкозернистого суспендированного катализатора в непрерывном режиме [8], которую можно успешно применять и для реализации процессов СФТ нового типа. Особенность этой конструкции состоит в том, что она обеспечивает непрерывное пребывание мелкозернистого катализатора в реакторе без уноса его из аппарата с жидкими продуктами реакции. Конструкция разработанной в ИПХФ РАН сларри-реакторной системы представлена на рисунке 3.

Реакторная система состоит из собственно реактора (1) с мешалкой для проведения реакционного процесса в трёхфазной системе “газ–жидкость–твёрдый катализатор” и сепарационного устройства для отделения катализатора от выводимой реакционной смеси, которые соединены системой трубопроводов для непрерывной циркуляции суспензии. Сепарационное устройство инерционного типа выполнено в виде конического патрубка (3), вставленного в соосный с ним диффузор (4) большего диаметра, который в верхней части соединяется с промежуточной ёмкостью (6) для сбора очищенных продуктов реакции и вывода их через штуцер (7). Для выделения газа из потока циркулирующей к сепарационному устройству суспензии устанавливается газоотделитель (2).

Циркуляция суспензии из реактора (1) через газоотделитель (2) к сепарационному устройству обусловливается вращением мешалки реактора. В сепарационном устройстве часть реакционной смеси выводится через зазор между диффузором (4) и патрубком (3) в промежуточную ёмкость (6) в направлении (вверх), противоположном движе-

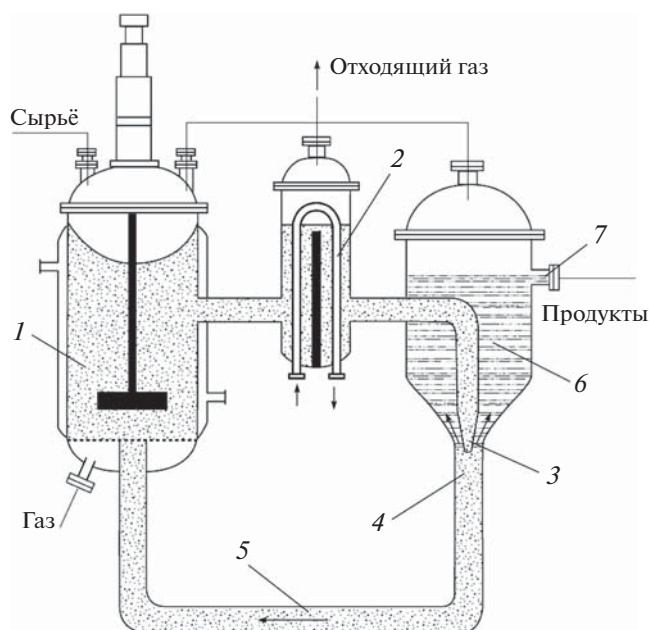


Рис. 3. Сларри-реакторная система ИПХФ РАН для проведения непрерывных газо-жидкофазных процессов в присутствии мелкозернистого суспендированного катализатора

нию частиц катализатора в суспензии (вниз). Благодаря такой организации потоков частицы катализатора под действием сил инерции продолжают движение с циркулирующей суспензией вниз, не изменяя направления своего движения, и практически не попадают в поток выводимой жидкости. Катализатор по нижней циркуляционной трубе (5) возвращается обратно в реактор и не уносится с продуктами реакции.

Отметим, что ранее при промышленной реализации крупномасштабных сларри-процессов СФТ использовались барботажные колонные аппараты без механического перемешивания. Применение в разработанной нами реакторной системе реактора с мешалкой, помимо отмеченного

Технические характеристики бесфильтрационного СФТ-процесса со сларри-реактором конструкции ИПХФ РАН

Характеристика	Показатель
Температура процесса СФТ	200°C
Давление	2.5 МПа
Концентрация катализатора синтеза FT в суспензии	150–200 кг/м <sup>3</sup>
Оптимальный размер частиц катализатора	40–80 мкм
Производительность по продуктам FT:	
для реактора объёмом 6.3 м <sup>3</sup>	350–400 баррелей в сутки, или 17 тыс. т/год
для реактора объёмом 20 м <sup>3</sup>	~1100 баррелей в сутки, или 50 тыс. т/год
для реактора объёмом 50 м <sup>3</sup>	~2500 баррелей в сутки, или 120 тыс. т/год



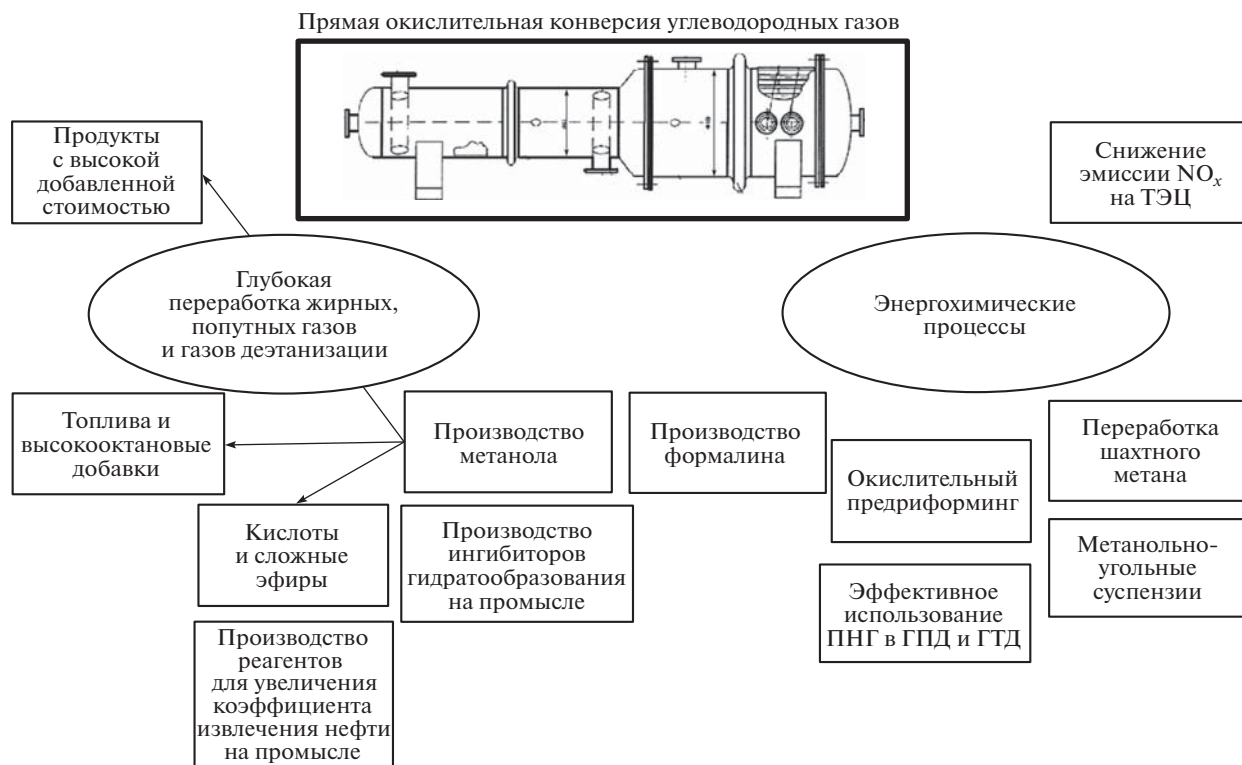


Рис. 4. Перспективные процессы на основе прямого окисления метана и его смесей с углеводородами  $C_2+$  в метанол

эффекта отделения катализатора от выводимых продуктов реакции, существенно интенсифицирует процессы массо- и теплопереноса [9]. Использование предлагаемой реакторной системы для проведения синтезов Фишера–Тропша в присутствии катализаторов, работающих с производительностью на уровне  $1.5\text{--}2\text{ кг/кг} \cdot \text{ч}$ , позволит достичь технических характеристик, которые представлены в таблице, что сделает возможным создание экономически эффективных процессов получения синтетической нефти и жидких топлив малой и средней мощности на основе природного газа.

Использование объёмных матричных конверторов небольшой и средней мощности в сочетании с непрерывной бесфильтрационной технологией СФТ в сларри-реакторной системе конструкции ИПХФ РАН позволит существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты. Такая система может обеспечить переработку углеводородного газа на уровне  $150\text{ млн. м}^3$  в год и оказаться эффективной для относительно небольших газовых месторождений с запасами углеводородных газов около  $3\text{ млрд. м}^3$  и менее, которыми богата наша страна.

**Прямые методы, не требующие получения синтез-газа. Прямое окисление метана в метанол.** Одним из наиболее перспективных и интенсивно

исследуемых методов прямого превращения природного газа в химические продукты является прямое окисление метана в метанол (ПОММ) [10, 11]. На базе экспериментальных исследований и кинетического моделирования процесса были разработаны фундаментальные основы парциального окисления природного газа в метанол, позволившие предложить новые принципы его организации. Для обеспечения высокой селективности образования метанола необходима низкая концентрация кислорода, что приводит к низкой конверсии метана. Однако увеличение его конверсии при сохранении низкой текущей концентрации кислорода и температуры процесса может быть достигнуто за счёт распределённой подачи окислителя со снятием избыточного тепла перед подачей каждой последующей его порции.

На основе анализа особенностей механизма процесса были предложены два типа реакторов, обеспечивающих высокую конверсию метана за проход: реактор парциального окисления природного газа с дробной подачей воздуха и газовым охлаждением реакционной смеси и реактор-генератор с дробной подачей воздуха и охлаждением реакционной смеси за счёт генерации энергетического пара между ступенями окисления.

Также разработаны методы увеличения конверсии путём частичной рециркуляции реакци-



онных газов. При использовании технического кислорода рециркуляция позволяет получать более 200 кг метанола на 1000 м<sup>3</sup> пропущенного газа. В качестве второго продукта получают “сухой” (то есть не содержащий тяжёлых углеводородов) метановый газ с высоким метановым индексом и содержанием азота около 30%, использование которого в энергоагрегатах позволяет при горении в 2 раза снизить эмиссию оксидов азота.

В настоящее время процесс готов для реализации на уровне промышленных малотоннажных установок производительностью по метанолу от 2 до 10 тыс. т в год. Кроме того, на базе процесса ПОММ предложен и проработан ряд других процессов (рис. 4), которые могут найти применение в малотоннажной переработке природных и попутных газов.

**Селективный оксикрекинг тяжёлых компонентов попутных газов с получением газомоторного топлива с высоким метановым индексом.** Перспективным направлением переработки жирных природных и попутных газов без стадии получения синтез-газа может стать селективный оксикрекинг их тяжёлых компонентов. Показано [12], что по различию в реакционной способности в процессах газофазного окисления лёгкие алканы можно разделить на три основные группы: метан, алканы C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub> и алканы C<sub>5</sub>+ (рис. 5). На этой основе была разработана новая технология переработки попутных газов для получения газомоторного топлива с высоким метановым индексом [1, 12]. При этом в качестве продуктов селективного окисления тяжёлых гомологов метана, помимо самого метана и водорода, в близких концентрациях образуются этилен и СО, соотношение которых в продуктах можно регулировать в достаточно широких пределах [13]. Например, при оксикрекинге при температуре 750°C смеси углеводородов, состоящей из 88% метана, 6% пропана и 6% пентана, имеющей метановый индекс MN = 53, можно получать топливный газ с MN = 67 и низшей теплотворной способностью 35 МДж/м<sup>3</sup>, что соответствует требованиям современных энергоустановок.

**Парциальное окисление или оксикрекинг углеводородов с последующим карбонилированием и/или олигомеризацией продуктов.** Выше было отмечено, что при парциальном окислении природного и попутного газов в области высоких давлений образуются в близких концентрациях метанол и СО, а при оксикрекинге при нормальном давлении – в регулируемых соотношениях этилен и СО. На основе этих результатов предложен альтернативный вариант газохимических GTL-технологий для конверсии газообразных углеводородов в химические продукты с высокой добавленной стоимостью [14–16]. Альтернативная

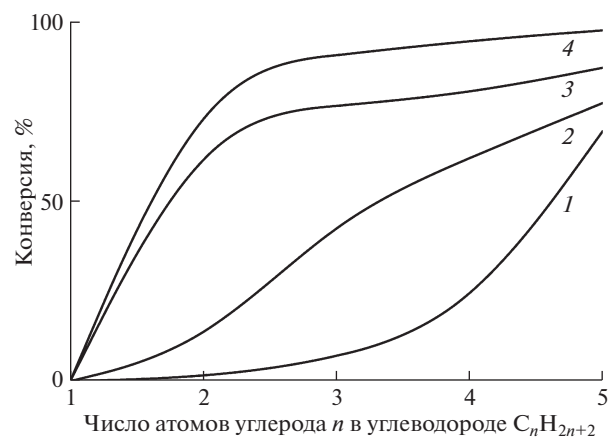


Рис. 5. Зависимость конверсии n-алканов от числа атомов углерода n при температуре 600°C (1), 650°C (2), 700°C (3) и 750°C (4); C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> : O<sub>2</sub> = 2 : 1; t<sub>p</sub> = 2 с

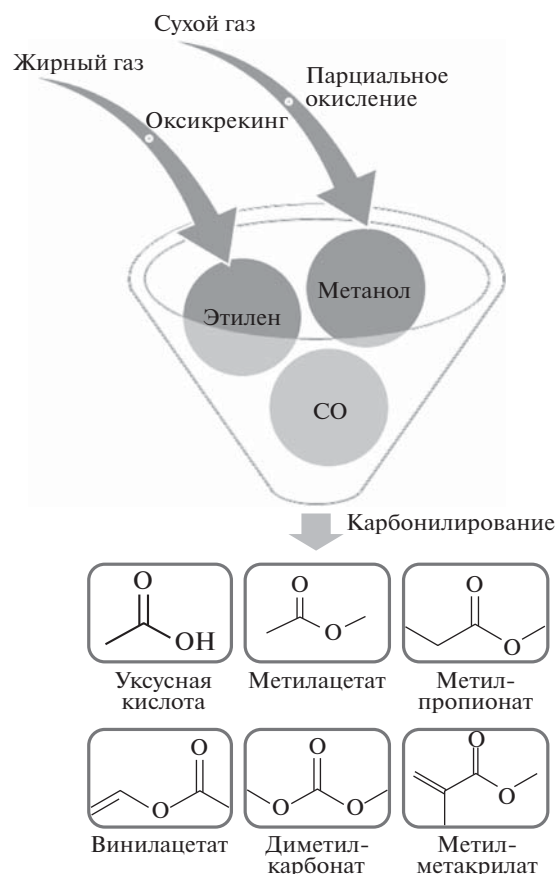


Рис. 6. Новый тип GTL-процессов на базе комплексного использования продуктов парциального окисления и окислительного крекинга

схема включает стадии некаталитического парциального окисления или оксикрекинга газофазных углеводородов по отдельности либо в комбинации и последующее каталитическое карбонилирование полученных на стадии окисления продуктов монооксидом углерода, который получен в том же процессе окисления, или олигомеризации этих продуктов. На рисунке 6 представлены блок-схема такого процесса и возможный набор его продуктов.

Большим преимуществом данной схемы является то, что большинство предлагаемых процессов стадии карбонилирования или олигомеризации уже хорошо отработаны и освоены промышленностью. Как правило, в них применяются катализаторы на основе металлов платиновой группы, причём удельная активность этих катализаторов на два-три порядка превышает удельную активность катализаторов синтеза Фишера—Тропша. Это позволяет использовать реакторы относительно небольшого размера, что заметно снижает удельные капитальные затраты при получении жидких продуктов.

**Сопряжённая окислительная конверсия этилена и метана с получением пропилена и других продуктов.** В настоящее время большую часть пропилен по-прежнему получают как сопутствующий этилену продукт при крекинге нефти и другого дорогостоящего и дефицитного жидкого углеводородного сырья. Значительное развитие приобретают процессы целевого каталитического дегидрирования пропана в пропилен [17]. Было бы крайне заманчиво разработать также способы получения пропилен непосредственно из природного газа.

В совместной работе с Институтом химической физики им. А.Б. Налбандяна НАН Республики Армения было показано [18], что при сопряжённом окислении этилена и метана с увеличением концентрации метана в смеси быстро возрастает выход пропилен. По-видимому, это происходит в результате присоединения метильного радикала к этилену с образованием пропильного радикала и его последующим распадом с образованием пропилен. Это открывает перспективу получения пропилен на базе лёгкого углеводородного сырья, тем более интересную в том случае, если на промышленном уровне будет освоен процесс окислительной конденсации метана в этилен, так как появится возможность получать непосредственно из метана не только этилен, но и пропилен.

Роль природного газа в развитии мировой энергетики и промышленности, а следовательно, и роль газохимии заметно возрастают. Эта тенденция особенно актуальна для России с её уникальными ресурсами природного газа, где газохимия должна стать приоритетным направлением

развития научно-технического потенциала. Разработка и внедрение промышленных малотоннажных установок глубокой переработки углеводородных газов, основанных на новых GTL-технологиях, позволят решить комплексную проблему рационального использования и утилизации природного и попутного нефтяного газа. Развитие малотоннажной газохимии будет способствовать также выполнению условий, связанных с ратификацией Россией Киотского протокола, и компенсации последствий постепенного истощения запасов крупных нефтяных и газовых месторождений. Научной и технологической базой для создания газохимических технологий нового поколения могут стать проводимые в ИПХФ РАН фундаментальные и прикладные исследования по разработке альтернативных способов конверсии природного газа в ценные химические и нефтехимические продукты с высокой добавленной стоимостью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках мероприятия 1.3 Федеральной целевой программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы” (Соглашение № 14.607.21.0037).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнов В.С. Окислительная конверсия природного газа. М.: КРАСАНД, 2011.
2. Арутюнов В.С., Шмелёв В.М., Лобанов И.Н., Политенкова Г.Г. Генератор синтез-газа и водорода на основе радиационной горелки // Теоретические основы химической технологии. 2010. № 1. С. 21–30.
3. Арутюнов В.С., Шмелёв В.М., Рахметов А.Н. и др. Окислительная конверсия углеводородных газов в режиме поверхностного горения // Известия РАН. Серия химическая. 2013. № 7. С. 1504–1510.
4. Arutyunov V.S., Shmelev V.M., Rakhmetov A.N., Shapovalova O.V. 3D Matrix Burners: A Method for Small-Scale Syngas Production // Ind. Eng. Chem. Res. 2014. V. 53. № 5. P. 1754–1759.
5. Савченко В.И., Макарян И.А., Арутюнов В.С. Анализ зарубежных промышленных технологий по переработке углеводородных газов и оценка перспектив их реализации в нефтегазохимическом комплексе России // Мир нефтепродуктов. 2013. № 11. С. 3–12.
6. Макарян И.А., Савченко В.И. Конструкции реакторов синтеза Фишера—Тропша в крупнотоннажных производствах синтетических жидких топлив // Мир нефтепродуктов. 2014. № 3. С. 28–37.
7. Sasol Media Centre. March 29, 2005. Sasol GTL reactors shipped to Oryx GTL in Qatar. <http://www.sasol.com/media-centre/media-releases/sasol-gtl-reactors-shipped-oryx-gtl-qatar>

8. *Savchenko V.I., Dorokhov V.G., Makaryan I.A. et al.* Slurry Reactor System with Catalyst/Wax Inertial Separation for Fischer–Tropsch Synthesis and Other Three-Phase Hydrogenation Processes // *Can. J. Chem. Eng.* 2016. V. 94. P. 518–523.
9. *Савченко В.И.* Анализ процесса жидкофазного каталитического гидрирования ароматических нитросоединений при нормальном давлении водорода // *Теоретические основы химической технологии.* 1990. № 3. С. 357–363.
10. *Арутюнов В.С., Крылов О.В.* Окислительные превращения метана. М.: Наука, 1998.
11. *Arutyunov V.* Direct Methane to Methanol: Foundations and Prospects of the Process. Amsterdam: Elsevier, 2014.
12. *Arutyunov V.S., Magomedov R.N., Proshina A.Yu., Strekova L.N.* Oxidative conversion of light alkanes diluted by nitrogen, helium or methane // *Chem. Eng. J.* 2014. V. 238. P. 9–16.
13. *Магомедов Р.Н., Никитин А.В., Савченко В.И., Арутюнов В.С.* Получение газовых смесей с регулируемым соотношением этилена и СО газовой фазой окислительным крекингом лёгких алканов // *Кинетика и катализ.* 2014. № 5. С. 584–593.
14. *Савченко В.И., Макарян И.А., Фокин И.Г. и др.* Малотоннажные GTL-процессы на базе прямого парциального окисления углеводородных газов без стадии получения синтез-газа // *Нефтепереработка и нефтехимия.* 2013. № 8. С. 21–26.
15. *Алдошин С.М., Арутюнов В.С., Савченко В.И., Седов И.В.* Наследие Н.Н. Семёнова и новое поколение газохимических процессов // *Нефтегазохимия.* 2015. № 3. С. 60–68.
16. *Arutyunov V.S., Savchenko V.I., Sedov I.V. et al.* New conceptions for small-scale GTL // *Chem. Eng. J.* 2015. V. 282. P. 206–212.
17. *Макарян И.А., Рудакова М.И., Савченко В.И.* Промышленные процессы целевого каталитического дегидрирования пропана в пропилен // *Альтернативная энергетика и экология.* 2010. № 6. С. 67–81.
18. *Погосян Н.М., Погосян М.Дж., Стрекова Л.Н. и др.* Влияние концентраций метана и этилена на состав продуктов их совместного окисления // *Химическая физика.* 2015. № 3. С. 35–39.

## РАЗВИТИЕ АГРОЛЕСОВОДСТВА КАК ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

© 2016 г. Е.М. Романов<sup>а</sup>, Т.В. Нуреева<sup>а</sup>, А.А. Белоусов<sup>а, б</sup>

<sup>а</sup> Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия

<sup>б</sup> Кировское областное государственное казённое учреждение “Кировский центр лесного хозяйства”, Киров, Россия

e-mail: rector@volgatech.net; t\_nureeva@rambler.ru; lesmen@bk.ru

Поступила в редакцию 21.12.2015 г.

На примере нескольких регионов, относящихся к Нечернозёмной зоне России, авторы статьи анализируют физические, агрохимические и пространственные характеристики земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота. Рассматриваются перспективы организации агролесоводческих хозяйств на таких землях. Приводятся обобщённые сведения о состоянии, росте и продуктивности лесных культур (сосны обыкновенной), заложенных на землях с длительным сельскохозяйственным использованием.

**Ключевые слова:** агролесоводческое хозяйство, лесные ресурсы, неиспользуемые сельскохозяйственные земли, почвы, лесные плантации.

DOI: 10.7868/S086958731608017X

Истощение лесосырьевой базы в освоенных регионах, перемещение заготовки древесины в труднодоступные районы, а также длительность периода естественного восстановления леса ценных древесных пород повышают актуальность плантационного лесовыращивания. В условиях рыночной экономики довольно сложно заинтересовать предпринимателей в создании и выращивании лесных плантаций, несмотря на разрешённый Лесным кодексом этот вид деятельности. Такое положение связано с длительным циклом выращивания лесов и получения древесины. Значит, нужно искать новые подходы к организации выращивания быстрорастущих лесов.

Между тем опыт, условия и предпосылки успешного ведения плантационного хозяйства в

России имеются [1–3]. Огромными резервами для массового производства древесины целевого назначения могут стать выведенные из сельскохозяйственного оборота пашни, площадь которых в России, по оценкам учёных РАСХН, составляет от 30 до 40 млн. га [4]. Неиспользуемые агроценозы покрываются зарослями сорной растительности и становятся рассадниками вредителей и болезней сельскохозяйственных культур [4, 5]. Нельзя не согласиться с мнением Н.Н. Ключева, что “масштабное запустение сельскохозяйственных земель, утрачивающих сельскохозяйственную ценность и эстетическую привлекательность, наряду с депопуляцией сельской местности представляет реальную угрозу для формировавшихся столетиями сельских культурных ланд-



РОМАНОВ Евгений Михайлович — доктор сельскохозяйственных наук, ректор ПГТУ. НУРЕЕВА Татьяна Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ПГТУ. БЕЛОУСОВ Александр Александрович — кандидат сельскохозяйственных наук, лесничий Архангельского сельского участкового лесничества Немского лесничества КОГКУ “Кировлесцентр”.

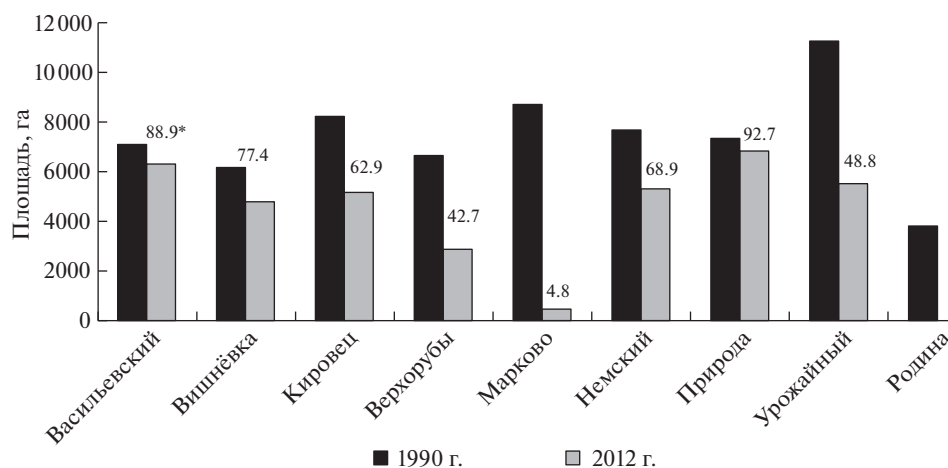


Рис. 1. Динамика площади обрабатываемых земель Немского района Кировской области

\* Доля обрабатываемых площадей в 2012 г. по отношению к 1990 г., %

шафтов России, являющихся её национальным достоянием” [5, с. 586].

Плантационное лесовыращивание может быть организовано в рамках агролесоводческих хозяйств, что позволит получать древесную продукцию в более ранние сроки при близком размещении их к потребителям, увеличить лесистость территории, снизить нагрузку на естественные леса, создать экологически целесообразную мозаичность ландшафтов, осуществить производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции, а также обеспечить постоянную трудовую занятость жителей сельской местности. Данное направление довольно интенсивно развивается за рубежом. Организация агролесоводческих хозяйств, сочетающих производство возобновляемых лесных и сельскохозяйственных ресурсов, полностью соответствует цели государственной лесной политики России, отражённой в “Стратегии развития лесного хозяйства до 2020 года”, “Основах лесной политики” и “Стратегии устойчивого развития сельских территорий на период до 2030 года” [6–8].

Сокращение площади земель сельскохозяйственного назначения во многих регионах, относящихся к зоне рискованного земледелия, и зарастание их лесной растительностью свидетельствуют о необходимости создания условий для стабилизации и повышения плодородия почв, устойчивости биологической системы на основе дифференцированного использования земель. Альтернативой может стать выращивание плантаций различного назначения в сочетании с аграрным направлением в рамках организации агролесоводческих хозяйств.

### ИСТОЩЕНИЕ ПОЧВЫ – ОДНО ИЗ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АГРОЛЕСОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Организация лесных фермерских хозяйств имеет для Нечерноземья особое значение. В оборот вовлекаются малопродуктивные, зарастающие древесной растительностью сельскохозяйственные угодья, которые имеются в каждом административном районе субъектов России, расположенных в зоне рискованного земледелия и зачастую приписанных к давно заброшенным населённым пунктам. Например, в Немском районе Кировской области площадь обрабатываемых земель по сравнению с 1990 г. во всех сельскохозяйственных предприятиях сократилась (рис. 1). Это обуславливает ежегодное недополучение сельскохозяйственной и другой биологической продукции, уменьшение количества рабочих мест и, как следствие, миграцию сельского населения в более крупные поселения и города.

Для обоснования целесообразности создания агролесоводческих хозяйств были систематизированы пространственные характеристики, степень зарастания и почвенно-экологические условия неиспользуемых сельскохозяйственных земель Семёновского, Воскресенского и Тонкинского районов Нижегородской области, Немского района Кировской области, Сернурского района Республики Марий Эл. Эти районы расположены в пределах лесокультурной провинции Среднего Поволжья, выделенной Е.М. Романовым [9], и характеризуются схожими природно-климатическими и почвенно-экологическими условиями.

Все исследованные поля, имевшие ранее сельскохозяйственное назначение, расположены на дерново-подзолистых почвах. По гранулометри-



Таблица 1. Статистические показатели параметров зарастающих лесом полей

Показатель	Значения статистических показателей						
	среднее значение признака	минимальное значение признака	максимальное значение признака	стандартное отклонение	коэффициент изменчивости	асимметрия	эксцесс
Площадь (S), га	41.3	1.4	179.63	37.6	91.1	1.395	1.910
Периметр (P), км	3.4	0.47	9.61	2035.4	59.9	0.894	0.338
Отношение S/P	10.3	2.8	24.1	4.7	46.2	0.488	−0.433
Доля зарастания лесом, %	19.9	0	100	27.9	140.2	1.686	1.867
Длительность периода прекращения обработки, лет	14.9	7	30	7.1	47.4	1.236	0.204
Доля физической глины, %	19	8.3	33.2	5.9	30.9	0.413	−0.883
Гумус, %	1.8	1	2.6	0.39	21.67	−0.085	−0.594
pH	5.1	4.2	6.0	0.44	8.8	0.029	−0.613
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	89.4	7.5	278	60.13	67.28	0.948	0.814
K <sub>2</sub> O, мг/100 г	83.6	4.9	204	40.07	47.92	0.571	0.556

ческому составу выделяют почвенные разности от песчаных до среднесуглинистых с содержанием частиц физической глины от 8.3 до 33.5% (табл. 1). В силу генетических особенностей данные

типы почв, характеризующиеся низким природным содержанием гумуса и высокой кислотностью, наиболее подвержены влиянию внешних факторов. При окультуривании они приобретают благоприятные режимы и свойства, но быстро утрачивают их при недостаточных дотациях в сельское хозяйство [10].

Параметры пространственного размещения и степень зарастания полей древесными растениями характеризуются отличным от нормального распределением (см. табл. 1, рис. 2) и очень высокой изменчивостью признаков. Участки были выведены из сельскохозяйственного оборота 7–30 лет назад. Площадь их варьирует от 1.4 до 176.6 га, зарастание древесной растительностью в среднем составляет 19.9% с лимитами от 0 до 100%. На более чем половине полей площадь зарастания составила от 0 до 10%, на примерно 50% земель площадь зарастания находится в пределах от 20 до 60%. Несмотря на значительные отличия пространственных характеристик и степени зарастания, проанализированные бывшие сельскохозяйственные угодья имеют схожие показатели плодородия.

Анализ агрохимических свойств дерново-подзолистых почв после длительного сельскохозяйственного использования позволил выявить следующие особенности. Содержание фосфора и калия увеличилось и в среднем составило 89.4 и 83.6 мг/100 г соответственно (см. табл. 1). Почвы отличаются преимущественно низким и очень низким содержанием органического вещества — около 1.8%. Всего на нескольких полях обеспеченность почвы гумусом находится в пределах 2.5%, а на более чем половине — меньше среднего на 0.2–1.0%. Оптимальное содержание гумуса для

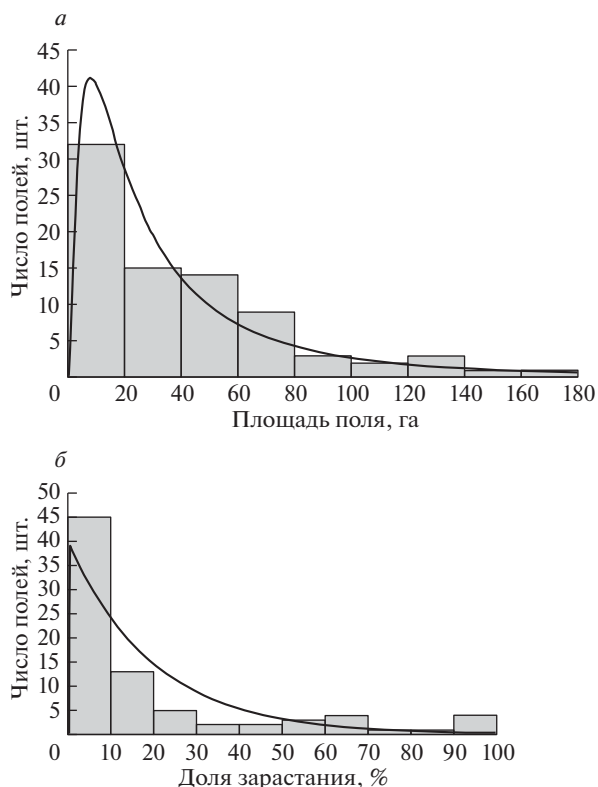


Рис. 2. Распределение значений параметров зарастающих лесом полей

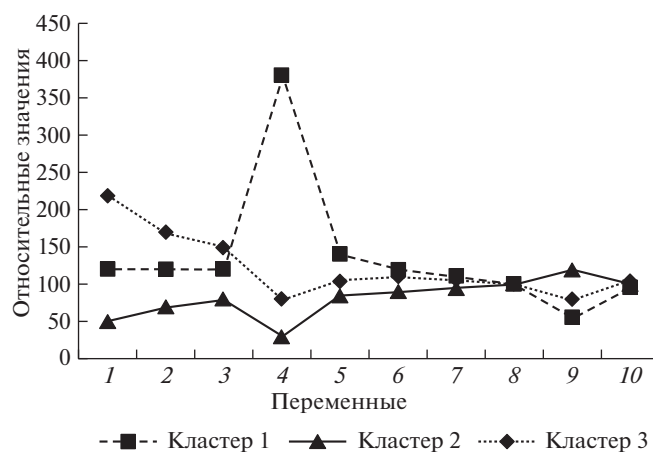
а — площадь поля, га; б — доля площади поля, заросшая древесной растительностью, %

дерново-подзолистых почв — 2.5–4%, а критический уровень, при котором возможно получение урожаев сельскохозяйственных культур, — 1.3% [11, 12]. Большая часть полей, выведенных из сельскохозяйственного оборота, характеризуется средне- и слабокислой реакцией солевого раствора. Для содержания гумуса и значений кислотности характерна более низкая вариативность, что свидетельствует о сходстве полей по этим агрохимическим показателям.

Повышенная кислотность является лимитирующим фактором получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, на сильно- и среднекислых почвах эффективность минеральных удобрений снижается на 20–25% [13]. Большинство сельскохозяйственных растений хорошо развивается при нейтральной или слабокислой реакции почвы (рН 6.0–7.0) [11, 12]. Это означает, что гарантированно высокие урожаи сельскохозяйственной продукции на изученных полях могут быть обеспечены путём проведения биологической мелиорации почв с внесением органических удобрений и известкованием. Известно, что древесные растения, особенно сосна обыкновенная, могут успешно произрастать в широком диапазоне почвенно-экологических условий, что даёт основание рекомендовать её для выращивания быстрорастущих лесов на землях, истощённых в результате длительного сельскохозяйственного использования.

Анализ относительных значений параметров зарастающих лесом полей, выполненный методом кластеризации, позволил выявить значительные различия между объектами по таким признакам, как площадь, периметр поля и доля зарастания древесной растительностью (рис. 3). Кластеры схожи по таким признакам, как отношение площади к периметру, длительность периода прекращения сельскохозяйственной деятельности и доля физической глины. Это позволило объединить все сельскохозяйственные поля в три кластера по 10 параметрам, включая пространственные характеристики, степень зарастания, а также физические и агрохимические показатели.

Согласно матрице нормированных данных и построенной способом Уорда дендрограмме сходства параметров, соответствующих пространственным и агрохимическим особенностям зарастающих лесом полей, было определено три кластера. Степень зарастания лесной растительностью выделена в отдельный кластер вследствие её значительного отличия от других групп параметрических характеристик полей. Второй кластер объединяет агрохимические показатели почвы (содержание гумуса, рН,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ), содержание физической глины, а также длительность периода прекращения сельскохозяйственного



**Рис. 3.** Изменение относительных значений параметров у зарастающих лесом полей, относящихся к разным кластерам

1 — площадь поля (S); 2 — периметр его опушки (P); 3 — отношение S/P; 4 — доля площади поля, заросшая лесом; 5 — длительность прекращения сельскохозяйственной деятельности; 6 — доля физической глины в почве; 7 — содержание гумуса; 8 — солевая кислотность; 9 — содержание  $P_2O_5$ ; 10 — содержание  $K_2O$

использования земель. В третий кластер включены пространственные характеристики полей: площадь поля (S), периметр его опушки (P) и отношение S/P. При обосновании выбора исключённых из сельскохозяйственного производства земель с целью создания агролесоводческих фермерских хозяйств это позволяет проводить оценку как минимум трёх-четырёх параметров, по одному из каждого выделенного кластера. При этом обязательно учитывать площадь поля, долю зарастания древесной растительностью, а также один-два агрохимических показателя, из которых наиболее значимыми для получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур являются содержание гумуса и кислотность почвенного раствора. Кроме того, нельзя забывать о расположении полей и их удалённости от населённых пунктов.

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЗАРАСТАНИЯ ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ОБОРОТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Проблеме зарастания сельскохозяйственных земель посвящено много исследований, это длительный и неуправляемый процесс. Степень зарастания зависит от большого количества факторов, в том числе от видового разнообразия примыкающей к полям растительности, удалённости от стены леса, направления ветра, лесорастительной зоны, вида сельскохозяйственного использования участка, площади поля, длительности пе-

риода прекращения сельскохозяйственной деятельности и гранулометрического состава почвы [14, 15]. Выявлена умеренная и прямая связь площади зарастания древесной растительностью от площади и периметра поля, что подтверждается коэффициентом ранговой корреляции Спирмена, равным 0.64 и 0.63 соответственно. Кроме того, была обнаружена слабая прямая связь между площадью зарастания и периодом прекращения сельскохозяйственной деятельности ( $p = 0.37$ ), а также содержанием глинистых частиц в почве ( $p = 0.29$ ).

На примере одного из полей Немского района Кировской области, выведенного из сельскохозяйственного оборота в 2004 г., был проанализирован процесс естественного зарастания, который подчиняется степенной функции  $y = (8.761 \times 10^4) \times x^{-0.605}$  при  $R^2 = 0.86$ .

Почва исследованного поля дерново-подзолистая, тяжёлосуглинистая, pH=4.6, недостаточно обеспечена гумусом (2.5%), содержание усвояемых форм фосфора и калия высокое — 36.8 и 90.6 мг/100 г соответственно. Достаточное для формирования древостоя количество подроста (молодое поколение деревьев, способное стать главным ярусом древостоя) встречается на расстоянии до 150 м от стены леса. В связи с преобладанием ели в составе примыкающего к полю древостоя она доминирует при естественном возобновлении на 100-метровом удалении от стены леса. На расстоянии 200 м количество подроста ели резко снижается (более чем в 10 раз). Появление подроста сосны обыкновенной в пределах 1070—1570 растений на гектаре отмечено лишь на 100-метровом удалении от опушки леса, далее его количество снижается в 10 и более раз. В наибольшей степени распространён подрост берёзы и ивы, который хотя и встречается на расстоянии до 300 м, но его количества недостаточно для формирования древостоя. Имеющееся естественное возобновление ценных древесных пород может быть использовано при выращивании лесных плантаций с разработкой мероприятий по их формированию и ускорению роста.

Таким образом, более полное использование биологического потенциала сельскохозяйственных земель, расположенных на дерново-подзолистых почвах с низким содержанием гумуса, высокой кислотностью и наличием естественного возобновления древесных пород, возможно путём организации агролесоводческих хозяйств. Компонентами агролесоводческого комплекса, обладающими собственным экологическим потенциалом, являются сельскохозяйственные и лесные растения. Получению древесины на лесных плантациях способствует и естественное возобновление. Это обеспечивает создание условий для ста-

билизации и повышения плодородия почв, устойчивости экологической системы на основе взаимодействия аграрного производства и лесной составляющей.

## СОСНОВЫЕ ЛЕСА ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Взаимодействие сельского и лесного хозяйства в России существовало всегда, поскольку они связаны с почвой как особо важным природным объектом, обладающим своей спецификой. Почва — это и пространственный базис всякой деятельности, и главное средство производства в сельском и лесном хозяйстве [16]. Для неё как для особо ценного природного объекта при рациональном использовании характерна способность к восстановлению и увеличению производительной силы.

К основным формам взаимодействия лесного и сельского хозяйства в области воспроизводства лесов (лесовосстановления) в прошлом столетии можно отнести:

- привлечение сельского населения к посадке лесных культур и агротехническому уходу за ними;
- передачу сельскохозяйственных земель с признаками утомлённости почвы в лесной фонд в обмен на лесосеки со спелым лесом, которые после корчёвки вовлекались в сельскохозяйственное производство;
- временное сельскохозяйственное пользование на вырубках с выращиванием кормовых и зерновых культур в течение нескольких лет перед посадкой лесных культур;
- организацию сельских лесхозов как отдельных подразделений сельхозформирований с определённой спецификой производства.

Результатом перечисленных выше форм взаимодействия лесного и сельского хозяйства стали лесные культуры, которые повсеместно произрастают на исключённых из сельскохозяйственного оборота землях на территориях республик и областей России.

Были проанализированы лесоводственные таксационные показатели культур сосны обыкновенной, произрастающих на землях с длительным сельскохозяйственным использованием. Они отличаются первоначальной густотой, которая варьирует от 3.8 тыс. экземпляров на 1 га (участки А-6а, А-6б Республики Марий Эл) до 25 тыс. экземпляров на 1 га (участок ПП6 Республики Марий Эл, Государственный природный заповедник “Большая Кокшага”). Культуры, произрастающие в Кировской области и Медведевском районе, по классификации Е.С. Кретьева [17], относятся к редким (3—5 тыс. шт./га) и к нижнему пределу

**Таблица 2.** Характеристика культур сосны, созданных на сельскохозяйственных землях

Район расположения (возраст культур)	Область, республика	Количество деревьев, тыс. шт./ га		Средний диаметр, см	Объём (запас) древесины, м <sup>3</sup> /га	Средний прирост запаса древесины, м <sup>3</sup> /га в год
		высаженных	сохранившихся			
Немское (9)	Кировская	5.5	4.6	8.6 ± 0.12	55	6.1
Советское (17)	Кировская	5.0	1.7	11.3 ± 0.11	90	5.3
Яранское (40)	Кировская	5.9	1.3	19.2 ± 0.19	315	7.8
ПП1 (48)	Марий Эл	7.0	1.0	22.2 ± 0.41	401	8.4
ПП2 (50)	Марий Эл	14.3	1.3	19.2 ± 0.45	424	8.5
ПП3 (48)	Марий Эл	16.7	1.6	18.1 ± 0.37	365	7.6
ПП4 (46)	Марий Эл	12.5	1.6	16.6 ± 0.40	288	6.3
ПП5 (60)	Марий Эл	16.7	1.5	18.2 ± 0.41	388	6.5
ПП6 (50)	Марий Эл	25.0	1.0	18.7 ± 0.38	378	7.6
ПП7 (48)	Марий Эл	7.0	1.0	20.1 ± 0.57	287	6.0
А-1а (40)	Марий Эл	6.0	1.3	20.1 ± 0.38	428	10.7
А-1б (40)	Марий Эл	6.0	1.9	19.4 ± 0.36	433	10.8
А-2а (40)	Марий Эл	4.9	2.3	19.5 ± 0.39	569	14.2
А-2б (40)	Марий Эл	4.9	2.7	18.8 ± 0.59	489	12.2
А-3а (40)	Марий Эл	6.7	2.3	16.9 ± 0.39	464	11.6
А-3б (40)	Марий Эл	6.7	2.2	17.6 ± 0.41	504	12.6
А-4а (40)	Марий Эл	5.6	1.6	19.8 ± 0.42	486	11.9
А-4б (40)	Марий Эл	5.6	1.4	20.6 ± 0.41	465	11.4
А-5а (41)	Марий Эл	5.4	1.3	19.5 ± 0.36	397	9.7
А-5б (41)	Марий Эл	5.4	1.5	19.3 ± 0.41	406	9.9
А-6а (41)	Марий Эл	3.8	1.0	23.0 ± 0.33	456	11.1
А-6б (41)	Марий Эл	3.8	1.0	23.5 ± 0.54	516	12.6
А-8а (41)	Марий Эл	5.1	1.3	20.3 ± 0.50	438	10.7
А-8б (41)	Марий Эл	5.1	1.2	20.1 ± 0.50	427	10.4

средней густоты (6–10 тыс. шт./га). Культуры, произрастающие в “Большой Кокшаге”, за исключением участков ПП1 и ПП7, закладывались с высокой (11–13 тыс. шт./га) и очень высокой (>13 тыс. шт./га) первоначальной густотой. Это, несомненно, оказало решающее влияние на лесоводственно-таксационные показатели искусственно созданных сосняков (табл. 2).

Все культуры сосны относятся к высокопродуктивным, их показатели являются результатом эффективного сочетания технологии и природных факторов при естественно-производственном процессе выращивания леса. Культуры отличаются не только устойчивостью породного состава, но и высокими приростами запаса, которые находятся в диапазоне от 5.3 до 12.6 м<sup>3</sup>/га в год. При сравнении этих показателей со средним ежегодным приростом запаса древесины в лесах России, который не превышает 1.3 м<sup>3</sup> на 1 га земель, покрытых лесной растительностью [18], следует от-

метить более полное использование сосновыми древостоями, созданными человеком, почвенного и агроклиматического потенциала земель. Среди средневозрастных древостоев более высокими ежегодными приростами отличаются культуры со средней (5.3–6.0 тыс. экз./га) и низкой (3.8–4.9 тыс. экз./га) густотой. Более низкие приросты культур сосны, созданных с высокой первоначальной густотой в заповеднике, вероятно, связаны с острой конкуренцией вследствие высокой сомкнутости древостоя на ранних стадиях роста и развития.

Для оценки роста и продуктивности сосны обыкновенной на исследованных участках полученные таксационные показатели искусственного древостоя были сопоставлены с прогнозными таблицами хода роста плантационных культур сосны, разработанными в 1988 г. сотрудниками Ленинградского (ныне Санкт-Петербургского) НИИ лесного хозяйства [19]. Средний прирост

культур сосны, созданных на исключённых из сельскохозяйственного пользования землях, соответствует Ia и I классам бонитета (потенциальной продуктивности) плантационных культур, за исключением культур на участках ПП4, ПП5 и ПП7 (“Большая Кокшага”), прирост которых ближе ко II классу бонитета. Это означает, что данные технологии допустимо применять при закладке плантаций в рамках организации агролесоводческих комплексов на выведенных из оборота землях аграрного производства.

Таким образом, неиспользуемый потенциал сельскохозяйственных земель, приуроченных к дерново-подзолистым почвам лесного Среднего Заволжья, может быть реализован путём объединения лесного и сельскохозяйственного производства. Данный вариант дифференцированного использования земель будет способствовать созданию условий для повышения эффективности землепользования, включая расширение возможностей производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции и ускоренного получения древесины ценных пород. Организация агролесоводческих предприятий может стать новым способом хозяйствования на когда-то освоенных, но снизивших почвенное плодородие землях. В условиях уменьшения экспорта сельскохозяйственной продукции это позволит вовлечь в хозяйственный оборот далеко не плодородные земли, а также земли, сконцентрированные вокруг заброшенных населённых пунктов.

Для разработки моделей агролесоводческих фермерских хозяйств необходимы дополнительные исследования по оценке потенциала выведенных из оборота сельскохозяйственных земель, продуктивности созданных по разным технологиям насаждений ценных хозяйственных древесных пород, а также формирование правовой и социально-экономической базы хозяйствующих субъектов такого типа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шутов И.В. О производстве древесины на лесосырьевых плантациях // Лесное хозяйство. 2008. № 4. С. 31–33.
2. Романов Е.М. Опыт создания и выращивания культур сосны и ели плантационного типа в Кададинском ОЛХ Пензенской области // Материалы научных чтений, посвящённых 75-летию лауреата Государственной премии в области науки и техники РТ, заслуженного лесовода РФ и ТАССР, кандидата сельскохозяйственных наук А.И. Мурзова. Казань, 2004. С. 238–242.
3. Бутенко О.Ю. Рост плантационных культур ели в Ленинградской и Псковской областях // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2013. № 4. С. 53–57. <http://journal.spb-niilh.ru/pdf/4-2013/spbniilh-proceedings-4-2013-5.pdf>
4. Шутов И.В. Проблемы получения древесного сырья на сельскохозяйственных землях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия “Лес, экология и природопользование”. 2013. № 4. С. 5–17.
5. Ключев Н.Н. Природно-ресурсная сфера России и тенденции её изменения // Вестник РАН. 2015. № 7. С. 579–592.
6. Стратегия развития лесного хозяйства до 2020 года / Приказ Министерства промышленности и торговли и Министерства сельского хозяйства РФ от 31 октября 2008 г. [http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/ministry/47/Strategiya\\_razvitiya\\_lesnogo\\_kompleksa.pdf](http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/ministry/47/Strategiya_razvitiya_lesnogo_kompleksa.pdf)
7. Основы лесной политики / Распоряжение Правительства РФ от 26 сентября 2013 г. № 1724-р. <http://government.ru/media/files/41d4926bf69a218ee79f.pdf>
8. О стратегии устойчивого развития сельских территорий на период до 2030 года / Распоряжение от 2 февраля 2015 года № 151-р. <http://government.ru/docs/16757/>
9. Романов Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологические и агротехнические аспекты. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000.
10. Никитин Б.А. Окультуривание пахотных почв Нечерноземья и регулирование их плодородия. Л.: Агропромиздат, 1986.
11. Практикум по земледелию. <http://www.pk-legion.ru/praktikum-po-zemledeliyu-str97.html>
12. Оптимальные значения pH почвы для основных сельскохозяйственных культур. <http://www.agrotest.com/ru/info/2/23.html>
13. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГБНУ “Росинформагротех”, 2011. [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj6-cbU8OfLAhVow3IKHRH\\_AIUQFggBMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mcx.ru%2Fdocuments%2Ffile\\_document%2Fshow%2F17136.133.htm&usg=AFQjCNEuJp\\_jNNWZD0ZcHzZTqKKQoNmq5A&sig2=yElt6zfRk16j73A4gaZNqA&bvm=bv.118353311,d.bGQ](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj6-cbU8OfLAhVow3IKHRH_AIUQFggBMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mcx.ru%2Fdocuments%2Ffile_document%2Fshow%2F17136.133.htm&usg=AFQjCNEuJp_jNNWZD0ZcHzZTqKKQoNmq5A&sig2=yElt6zfRk16j73A4gaZNqA&bvm=bv.118353311,d.bGQ)
14. Балашкевич Ю.А. Заращение бывших сельскохозяйственных земель древесной растительностью. [http://science-bsea.narod.ru/2006/les\\_2006/balashkevich\\_zarast.htm](http://science-bsea.narod.ru/2006/les_2006/balashkevich_zarast.htm)
15. Белорусцева Е.В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечернозёмной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. № 1. С. 57–64. [http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2012t1/57-64.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2012t1/57-64.pdf)
16. Ерофеев Б.В. Земельное право. Учебник для вузов. М.: Профобразование, 2001.
17. Кретов Е.С. Оптимальная начальная густота посадки культур сосны по эколого-географическим зонам // Проблемы лесовосстановления. Тезисы докладов на Всесоюзной конференции. М.: МЛТИ, 1974. С. 64–67.
18. Леса и лесные ресурсы Российской Федерации. <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/77/1.pdf>
19. Маслаков Е.Л. Прогнозные таблицы хода роста плантационных культур: методические рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1988.



## ИСТОРИЯ АКАДЕМИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

### ИНСТИТУТУ ХИМИИ СИЛИКАТОВ ИМЕНИ И.В. ГРЕБЕНЩИКОВА РАН – 80 ЛЕТ

© 2016 г. П.П. Кошелев, О.В. Михайлов<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

e-mail: olegmkhlv@gmail.com

Поступила в редакцию 18.01.2016 г.

В предлагаемой вниманию читателей статье рассказывается о том, как создавался один из ведущих химических институтов страны, какова его предыстория, кто руководил им в разные годы, какой вклад в развитие отечественной оптико-механической промышленности внесли его сотрудники за 80 лет существования ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН.

**Ключевые слова:** Институт химии силикатов РАН, И.В. Гребенщиков, оптические свойства стекла, В.Я. Шевченко, новые неорганические и органо-неорганические материалы, наночастицы, нанотехнологии, журнал “Физика и химия стекла”.

DOI: 10.7868/S0869587316080041

Официально история Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН (ИХС РАН) ведётся с 1936 г., когда академик-секретарь Отделения технических наук АН СССР академик И.В. Гребенщиков организовал Лабораторию химии кремния при Президиуме АН СССР, которая и стала вскоре институтом. В те годы название “лаборатория” пользовалось большой популярностью для обозначения научно-исследовательских образований, например, Лаборатория измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН) – впоследствии Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, Ливерморская лаборатория, Национальная физическая лаборатория Великобритании, Лаборатория высоких энергий им. Э. Резерфорда и т.д.

Предысторию института, наверное, следует вести с 1915 г., когда на Императорском фарфоровом заводе в Петрограде были развёрнуты работы по изготовлению отечественного оптического стекла. Опытные плавки поручили молодому химику Илье Васильевичу Гребенщикову – заведующему производством оптического стекла. В 1916 г., находясь в годичной командировке на заводе фирмы “Ченс” (Бирмингем, Англия), он профессионально овладел технологией стекловарения, изучил требования к качеству материалов шихты, глины для огнеупоров, постройки печей, освоил процесс стекловарения, выработки и отжига

стекла – словом, весь цикл работ, вплоть до “конторской части” и сбыта. На заводе И.В. Гребенщиков руководил варками, давшими, по определению фирмы, удовлетворительный “выход”.

Полученные знания молодой специалист реализовал на родине. Будущий академик и его коллеги Д.С. Рождественский и Н.Н. Качалов (тоже будущие члены академии) энергично взялись за дело, и уже в 1916 г. был отстроен и запущен на проектную мощность завод плавки оптического стекла со всеми вспомогательными мастерскими, оборудована большая лаборатория для исследования стекла, фарфора и силикатов. На заводе изготавливались оптические стёкла для военных оптических приборов, столь необходимых армии и флоту России в Первую мировую войну. К началу 1918 г. было выпущено около 3 т оптического стекла, были получены и важные данные о влиянии различных оксидов металлов на оптические свойства стекла.

Собственного производства оптического стекла в императорской России не было, рассчитывать же на импорт продукции от ключевого в то время его производителя – фирмы Karl Zeiss, расположенной в кайзеровской Германии, по вполне понятным причинам не приходилось. Союзники – англичане и французы – поставок оптических приборов тоже не обещали. (Справедливости ради скажем, что информацией о своих наработках в этой области химической технологии они с нами всё же поделились.)

Начатое под руководством И.В. Гребенщикова дело продолжилось в созданном в 1918 г. ГОИ –

КОШЕЛЕВ Пётр Петрович – член Союза журналистов России, сотрудник ИХС РАН. МИХАЙЛОВ Олег Васильевич – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник КНИТУ.

Государственном оптическом институте (директором-организатором которого был Д.С. Рождественский) и курируемых им Ленинградском и Изюмском заводах оптического стекла. В середине 1920-х годов на Ленинградском заводе оптического стекла было налажено промышленное производство оптического стекла по новой, разработанной им технологии, что позволило в разы сократить время варки стекла и существенно улучшить его оптические свойства. В результате в 1927 г. импорт в Россию стратегического стекла был полностью прекращён. Похоже, именно тогда Илья Васильевич всерьёз задумался о создании специальной масштабной научной лаборатории, которая решала бы проблемы, связанные не только с оптическим стеклом, но и с физикохимией силикатов вообще, и начал воплощать задумку в жизнь.

В 1932 г. И.В. Гребенщиков избирается действительным членом по Отделению технических наук АН СССР, а некоторое время спустя становится во главе отделения. Весьма вероятно, что благодаря этому высокому посту ему удалось в 1936 г. организовать лабораторию химии кремния со статусом научно-исследовательского учреждения. Местоположение лаборатории определили в здании корпуса бывшей таможни в историческом центре Санкт-Петербурга, на Стрелке Васильевского острова, где ИХС РАН располагается по сей день.

В предвоенный период лаборатория проводила систематические научные изыскания в области создания оптического стекла специального назначения, при этом особое внимание уделялось научным основам производственных процессов, совершенствованию всех стадий получения стекла и его обработки, а также физикохимии данного материала. Классические работы И.В. Гребенщикова, посвящённые изучению поверхностных свойств стекла, реализованы в 1934 г. в методе “просветления оптики”, который до сих пор остаётся важнейшим методом повышения светопропускания оптической системы. Просветляющие плёнки обеспечивают уменьшение светорассеяния и отражения падающего света от поверхности оптического элемента (показатель преломления плёнок ниже показателя преломления стекла). Под руководством И.В. Гребенщикова разработаны оригинальные методы получения тонких прозрачных плёнок из растворов легко гидролизующихся соединений, а также ставшие знаменитыми “пасты ГОИ” для шлифовки и полировки стекла и металлов, значение которых для оптико-механической промышленности и машиностроения трудно переоценить.

В 1939–1941 гг. выполнялись исследования, нацеленные на улучшение физико-химических характеристик высоковольтных изоляторов. В ходе масштабных экспериментов изучались свойства глазури — её структура, способность к кристаллиза-

ции, поверхностное и объёмное электрическое сопротивление, специфика поверхностного слоя (химическая устойчивость к действию окружающей среды и микрорельеф), не остались без внимания механические свойства глазурированного фарфора, вязкость и поверхностное натяжение. Все эти исследования велись в тесном сотрудничестве с отечественными заводами по выпуску электротехнического фарфора, в частности, с московским заводом “Изолятор”, ленинградским заводом “Пролетарий”, заводом им. Артёма, расположенном в г. Славянске Донецкой области.

В связи с болезнью академика Н.С. Курнакова по его личной просьбе И.В. Гребенщиков взял на себя обязанности директора Института общей и неорганической химии АН СССР, которые он выполнял и после смерти Н.С. Курнакова (1941) вплоть до начала Великой Отечественной войны. Угроза захвата Ленинграда германскими войсками заставила И.В. Гребенщикова и его соратников предпринять срочные меры по эвакуации института на новое место в глубокий тыл. В составе эшелона Радиевого института он отбыл из Ленинграда 30 июля и 8 августа 1941 г. прибыл в Казань, где и осел до конца войны.

Нужно было создать, по существу, новый завод по производству оптического стекла вдали от Москвы и Ленинграда — там, где его не достанет вражеская авиация. Илья Васильевич занимался поиском места для строительства лично, тщательно проанализировав все предприятия стекловаренной промышленности, расположенные в восточных районах СССР до Урала включительно. Выбор пал на небольшую деревушку на севере Пензенской области, находящуюся рядом с железнодорожной станцией Ночка, что на участке Рузаевка — Инза. Это типичная российская “глубинка”, каковых в Пензенской, да и соседней с ней областях немало. Причиной такого выбора стало то обстоятельство, что всего в 20 км к югу от деревни в г. Никольске находился завод хрустальной посуды “Красный гигант”, от которого к Ночке оперативно была проложена узкоколейка, по ней завозили оборудование, а затем и все материалы, необходимые для производства оптического стекла — от кварцевого песка до дров для топки печей. Работы сотрудников института позволили обеспечить действующую армию отечественными изделиями из оптического стекла, высоковольтными изоляторами для систем энергообеспечения и радиоаппаратуры, керамикой для конденсаторов, используемых в электротехнике и радиоприборах, цементом для строительных работ, укреплений и дорог, огнеупорными материалами для технологических линий сталелитейной и металлургической промышленности и др. Самоотверженный труд академика И.В. Гребенщикова в годы Великой Отечественной войны был по достоинству оценён: среди его наград орден

Красной Звезды — за образцовое выполнение заданий правительства по выпуску артиллерийского стрелкового вооружения и военных приборов (1942); Государственная Сталинская премия II степени — за научные работы в области оптики, имеющие большое оборонное значение (1942); орден Ленина — за успешную работу по развитию отечественной оптико-механической промышленности, выполнение заданий правительства по разработке новых образцов оптических приборов и научные достижения в области оптики (1943); орден Отечественной войны I степени — за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники и в связи с 220-летием Академии наук (1945); медаль “За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.” (1945).

В военные годы рядом с Ильёй Васильевичем были Н.Н. Качалов, В.П. Барзаковский, Б.В. Барбарин, С.К. Дуброво, Г.П. Иоффе, В.А. Иоффе, О.И. Леонова, В.Г. Воано, А.А. Аппен, Е.А. Порай-Кошиц, Э.К. Келер и Н.А. Торопов. Крупнейший специалист в области физической химии и технологии силикатов, основоположник исследований диаграмм состояния оксидных систем Н.А. Торопов после кончины И.В. Гребенщикова в 1953 г. принял руководство институтом и директорствовал в нём на протяжении 15 лет. В 1962 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В 1968–1972 гг. обязанности директора ИХС АН ССР исполнял доктор химических наук профессор Э.К. Келер — известный специалист в области физикохимии и технологии огнеупорных керамических материалов, внёсший большой вклад в изучение механизма и кинетики твердофазных процессов в материалах на основе тугоплавких оксидов. Затем более четверти века — с 1972 по 1998 г. — институтом руководил академик М.М. Шульц — крупный специалист в области физикохимии оксидных материалов и термодинамики гетерогенных систем, химии и электрохимии стекла, один из основоположников отечественной ионометрии, удостоенный в 1991 г. звания Героя Социалистического Труда и дважды — лауреата Государственной премии СССР.

С 1998 г. ИХС РАН возглавляет выдающийся учёный академик В.Я. Шевченко. Сфера его исследований — физикохимия и технология керамических и силикатных материалов, супрамолекулярная химия, структурная химия наносостояния, новых биоматериалов, наночастиц, наноструктур и нанокомпозитов. Он лауреат премии Совета Министров СССР за разработки новых полупроводниковых материалов, Государственной премии РФ в области науки и техники 2002 г., премии им. И.В. Гребенщикова РАН, награждён золотыми медалями им. П.Л. Капицы, им. С.И. Мосина и им. А.М. Прохорова РАН, орденами Почёта и

Дружбы. В.Я. Шевченко — автор открытия “Закономерности морфотропии при переходе веществ полупроводник—металл”, зарегистрированного в Государственном комитете по изобретениям и открытиям СССР в 1974 г. за № 196. Он первый российский учёный, удостоенный звания почётного члена Европейского керамического общества Fellow of ECerS (диплом вручён в 2015 г. в Толедо, Испания). Ему присуждено звание привилегированного члена Мировой академии керамики (World Academy of Ceramics), президентом которой он был два срока.

На основе диссоциативной теории В.Я. Шевченко показано, что в условиях сверхвысоких скоростей нагружения наиболее эффективна керамика. Им предложена схема “двухслойки”, при которой использование керамической преграды наиболее эффективно, разработана конструкция бронеплитки (элемент К-139) и организован её выпуск на оборонных предприятиях СССР, построен ряд веществ по их стойкости к высокоскоростному нагружению и задолго до западных учёных описан набор преград для кумулятивной струи по убыванию так называемого “упругого импеданса” (на Западе такую броню называют “чобхэм”). Академик В.Я. Шевченко возглавляет научную школу “Химия, биология и физика наноразмерного состояния”.

Сам институт с 1962 г. носит имя его первого директора И.В. Гребенщикова. Среди наград, присуждаемых Российской академией наук, есть и премия им. И.В. Гребенщикова за выдающиеся исследования в области химии, физикохимии и технологии стекла. Среди лауреатов этой премии нынешний директор института В.Я. Шевченко, который стал первым его руководителем, родившимся после создания Лаборатории химии кремния.

Говоря о достижениях ИХС РАН в целом за время его существования, отметим, что в течение многих лет институт решал проблемы разработки физико-химических основ создания новых неорганических и органо-неорганических материалов, а также подготовки научных кадров, за что в 1969 г. был награждён орденом Трудового Красного Знамени. Одно лишь перечисление направлений исследований, которые были реализованы здесь в разные периоды, заняло бы немало места. Назовём только некоторые из них.

Значительный вклад в разработку теории строения стекла внёс Е.А. Порай-Кошиц, который впервые выдвинул гипотезу о химической неоднородности строения стекла. Впоследствии гипотеза была подтверждена результатами экспериментов, полученными методами рассеяния рентгеновских лучей под малыми углами. За комплекс работ по изучению решающей роли химически неоднородного строения стекла в процессе фор-

мирования ситаллов учёный вместе с группой соавторов в 1963 г. стал лауреатом Ленинской премии. Эти работы продолжаются в ИХС РАН под руководством докторов химических наук А.Е. Лапшина и Р.С. Бубновой.

Заслуженный деятель науки и техники РСФСР А.А. Аппен известен своими исследованиями по физикохимии и технологии стекла, обобщёнными в классической монографии “Химия стекла”, получившей признание у нас и за рубежом. Исследования продолжены доктором химических наук Л.П. Ефименко. За разработку теории защиты тугоплавких металлов в условиях высоких температур от окисления и создание эффективных покрытий, предохраняющих тугоплавкие металлы и сплавы от разрушения в продуктах горения ракетных топлив, орденом Трудового Красного Знамени награждён А.И. Борисенко.

Заслуженный деятель науки и техники РСФСР Н.П. Харитонов разрабатывал органосиликатные композиции и созданные на их основе многофункциональные защитные покрытия: для атомной энергетики (тепло- и радиационностойкие и легкодезактивируемые), для защиты металлических конструкций при их эксплуатации в районах со сложными климатическими условиями (антиобледенительные, гидрофобные, противокоррозионные), защиты зданий и сооружений (негорючие, устойчивые к грибкам) и т.п. За их разработку и освоение промышленного выпуска на Морозовском химическом заводе Н.П. Харитонову в 1982 г. присуждена Государственная премия СССР.

Фундаментальные исследования заслуженного деятеля науки и техники РСФСР С.П. Жданова и развитые им научно-практические подходы к созданию силикатных пористых стёкол с регулируемыми параметрами структуры признаны во всём мире. Ещё более значительный вклад он внёс в синтез и физикохимию пористых кристаллов — цеолитов. Это класс адсорбентов, без использования которых сегодня нельзя представить себе нефтепереработку, катализ, получение моющих средств, разделение смесей газов и жидкостей, очистку сточных вод от загрязнений тяжёлыми металлами, органическими соединениями или радионуклидами.

В 2004 г. в ИХС РАН академик Я.Б. Данилевич приступил к работам по применению новых материалов в химической и альтернативной энергетике, которые сегодня продолжают под руководством доктора технических наук И.Ю. Кручининой.

Нельзя не упомянуть исследования института по синтезу оксидных соединений и твёрдых растворов на основе оксидов I–IV групп, изучению механизма и кинетики их образования, фазовых соотношений, полиморфных превращений, в том

числе сверхпроводящих соединений. Эти данные обобщены в многотомных справочных изданиях “Диаграммы состояния систем тугоплавких оксидов”.

Настоящим прорывом в современной неорганической химии стали начатые под руководством В.Я. Шевченко в конце XX в. работы института в области изучения природы наносостояния. В частности, было показано, что структурное многообразие наномира и неоднородность строения наночастиц — это следствие его квантовой природы и результат самоорганизации неравновесной нелинейной многовариантной системы.

Тематика основных направлений фундаментальных исследований ИХС РАН в настоящее время носит отчётливо выраженный многопрофильный характер. Речь идёт об исследованиях в области неорганической и физической химии, неорганических материалов, стекла и керамики, высокотемпературных оксидов и покрытий, наночастиц, наноструктур и нанокмполитов, химической энергетики и экологии. На базе института в настоящее время действуют:

- Российское керамическое общество, в которое входят 12 академиков и 4 члена-корреспондента РАН, доктора наук и директора крупных российских предприятий; Общество представляет Россию в Европейском керамическом обществе (European Ceramic Society), объединяющем национальные керамические организации 27 стран Европы;

- Национальная комиссия по стеклу России, которая представляет Россию в Международной комиссии по стеклу (International Commission on Glass), объединяющей 37 национальных организаций в области науки и технологии стекла;

- Научный совет РАН по керамическим материалам, в состав которого входят 12 академиков и 8 членов-корреспондентов РАН, представители более 30 научных организаций и промышленных предприятий;

- Научный объединённый совет по химическим наукам Санкт-Петербургского научного центра РАН, объединяющий ведущих учёных-химиков академических, учебных и отраслевых институтов Северо-Западного региона России.

ИХС РАН является членом Международной ассоциации исследовательских материаловедческих институтов (World Materials Research Institute Forum), активно сотрудничает с академиями наук, университетами, институтами и научными обществами Германии, Франции, Польши, Финляндии, Китая, Белоруссии, Украины и других стран, регулярно проводит научные совещания и конференции по физикохимии высокотемпературных соединений, стеклообразному состоянию вещества, термостойким функциональным по-

крытиям, организует международные конференции по актуальным проблемам нанотехнологий.

Через свои базовые кафедры институт осуществляет тесные контакты с профильными вузами Санкт-Петербурга, в частности с Санкт-Петербургским государственным электротехническим университетом “ЛЭТИ” (кафедра наноматериалов и нанотехнологий в радиоэлектронике) и Санкт-Петербургским государственным университетом аэрокосмического приборостроения (кафедра наноматериалов в электромеханических и электротехнических устройствах). В этих вузах сотрудники института читают различные спецкурсы. В рамках инвестиционных проектов РОСНАНО институтом разработана образовательная программа опережающей переподготовки кадров в области производства конкурентоспособной продукции из наноструктурных керамических и металлокерамических материалов и внедрена на предприятии ООО “Вириал”.

С 1954 г. в институте действует совет по защите диссертаций, с 2000 по 2015 г. здесь было защищено 13 докторских и 32 кандидатских диссертаций. Аспирантура ИХС РАН готовит научные кадры высшей квалификации по специальности “физическая химия”. Среди сотрудников института два академика РАН, 19 докторов и 32 кандидата наук.

ИХС РАН является соучредителем журнала “Физика и химия стекла”, который по уровню цитируемости статей принадлежит к лучшим

журналам Отделения химии и наук о материалах РАН. Его англоязычную версию “Glass Physics and Chemistry” регулярно приобретают библиотеки крупнейших научно-исследовательских центров мира. Главный редактор журнала академик В.Я. Шевченко. В журнале публикуются обзорные и оригинальные статьи в области методов синтеза, исследования строения и физико-химических свойств стеклокерамических материалов, наночастиц, нанокompозитов, органо-неорганических материалов, а с 2004 г. — и по исследованиям в области неравновесной термодинамики, теплофизики, применения новых материалов в энергетике, изучения химических аспектов экологии и др. Рейтинг англоязычной версии журнала за последние годы не спускался ниже третьего места среди англоязычных журналов ОХНМ РАН (его импакт-фактор в 2010 г. составлял 0.434, в 2011 г. — 0.492, в 2012 г. — 0.339, в 2013 г. — 0.532, в 2014 г. — 0.491). Год от года растёт показатель востребованности журнала, число так называемых коммерческих скачиваний статей в 2005 г. составляло 6171, в 2012 г. — 21 614, в 2014 г. — 23 454.

Можно с полной уверенностью утверждать, что ИХС им. И.В. Гребенщикова РАН является одним из ключевых химических институтов страны, ведущим институтом в области неорганической химии и материаловедения, на научной базе которого создана отечественная оптико-механическая промышленность как важная отрасль народного хозяйства и обороны страны.



## КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СРАВНИТЕЛЬНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА

© 2016 г. В.Г. Кузнецов

*Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, Россия*

e-mail: vgkuz@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.11.2015 г.

Идеи об использовании данных о современных процессах, в том числе о современном осадконакоплении для восстановления геологической истории, были высказаны Ж. Бюффеном, что выразилось в афоризме: “Настоящее — ключ к прошлому”. Позднее Д. Геттон, К. фон Гофф и Ч. Лайель использовали это положение в качестве метода актуализма и принципа униформизма как основу геологических исследований. И. Вальтер конкретизировал данный тезис для осадочного процесса, создав сравнительную литологию. В полной мере сравнительно-литологический метод реализован в СССР и России академиком Н.М. Страховым и его школой. В настоящее время литология вышла на новый, океанический уровень и дополняется изучением эволюции осадочного породообразования.

**Ключевые слова:** литология, сравнительно-литологический метод, осадочные породы, актуализм, литогенез, породообразование.

DOI: 10.7868/S0869587316080065

Развитие отечественной науки об осадочных породах (литологии) и её несомненные достижения во второй половине XX в. связаны с разработкой и применением сравнительно-литологического метода, наиболее полно реализованного академиком Н.М. Страховым и его школой. Идеологическая основа и методология подхода, разработка конкретных методик имеют довольно длительную историю.

Идеи подобного подхода возникли давно, и всегда трудно, а порой и невозможно установить, кто первым высказал то или иное положение, которое со временем развилось в целое научное направление. Как правило, мысли и соображения по какому-либо вопросу появляются у разных исследователей задолго до окончательного оформ-

ления в общепринятое научное положение. Наглядный пример этого приводит В.И. Вернадский. Первооткрывателем радиоактивности считается французский физик А.А. Беккерель (1896). Однако те же результаты в ходе практически идентичных опытов (воздействие на фотоэмульсию азотнокислого уранила) описал в 1858 и 1867 гг. французский офицер А.Н. де Сен-Виктор, и в том же 1867 г. С. Гент выдвинул идею распада химических элементов. Первые заметки Беккереля повторяли опыты де Сен-Виктора, но, как отмечал В.И. Вернадский, историческая атмосфера открытия Беккереля была совершенно иная, и “через два года учение о радиоактивности стало достоянием человечества” [1, с. 40].

Аналогичная ситуация наблюдается при интерпретации и восстановлении обстановок древних эпох, когда используются данные о современных процессах. Возможно, в новое время, по крайней мере, в рамках европейской цивилизации, после средневекового застоя, именуемого в западной историографии “тёмными веками”, одним из первых идею, ставшую основой рассматриваемого здесь направления, высказал французский энциклопедист Ж.Л.Л. Бюффон (1707–1788). В первой части своей “Естественной истории” [2] он указывал на необходимость изучения современных процессов и их результатов для понимания того, что было в прошлые эпохи.



КУЗНЕЦОВ Виталий Германович — доктор геолого-минералогических наук, профессор РГУНиГ.

Теперь обратимся к первому русскому изданию “Естественной истории”, переведённой и изданной по повелению императрицы Екатерины II в 1789 г. (в представленных ниже отрывках сохранены грамматика и орфография издания). Поскольку наблюдать происходившие в прошлом процессы мы не можем, следует изучать процессы современные. “Чтобы узнать, что прежде сего на ней (Земле. — *В.К.*) происходило, рассмотрим, что ныне на дне морском делается, и, производя из сих наблюдений основательныя заключения, можем удостовериться о внешнем виде и внутреннем сложении Земли, нами обитаемой” [2, с. 86]. Эту мысль Ж. Бюффон повторяет неоднократно: “Ибо чтобы угадать, что прежде сего было и что со временем может последовать, не остаётся нам инаго способа, как исследовать то, что делается ныне” [там же, с. 99]. И далее: “Чтоб шар земной показался достойным нашего внимания, надобно взять его в таком виде, в каком он есть в самой вещи, наблюдать все его части и по выводам заключать из настоящего о прошедшем; сверх сего не должны мы принимать в уважение причин, коих действие весьма редко, сильно и нечаянно, оне не принадлежат к обыкновенному течению Природы; но действия ежедневно случающиеся, движения, кои непрерывно возобновляются, постоянныя и безпрестанно повторяемые деяния суть причины и основания, на которые мы внимание своё обращать должны” [там же, с. 100]. При этом он не выделял какие-то разделы геологии, приведённые выше положения относятся ко всем её разделам, в том числе и к осадочному процессу — осадочным породам, способам и обстановке их формирования.

В первой половине XIX в. общая идея была сформулирована в положение, которое получило название “актуализм” и “униформизм” в работах немецкого натуралиста-любителя К. фон Гоффа (немецкие геологи считают его основоположником самой идеи актуализма [3, 4]), англичан Д. Геттона и особенно Ч. Лайеля, который разработал и внедрил в практику актуалистический метод изучения геологической истории.

В январе 1829 г. в письме шотландскому геологу и путешественнику Р. Мурчисону Лайель чётко сформулировал свои основные принципы, которые “сводятся ни много ни мало к утверждению, что начиная с древнейших времён, в которые может проникнуть наш взор, и до наших дней не существовало иных причин, кроме тех, которые действуют сейчас, и что энергия их проявления никогда сильно не отличалась от той, которую они обнаруживают в наши дни” [5, с. 65]. Само название основного труда Ч. Лайеля указывает на это положение: “Принципы геологии, являющиеся попыткой объяснить прошлые изменения поверхности Земли путём соотношения с причинами, ныне действующими”. В русском издании 1866 г. заглавие книги иное: “Основные начала геологии или новейшие изменения Земли и её

обитателей”. Иное написание и фамилии автора — Лайэлль. В тексте книги отмечено, что актуалистический метод изучения геологической истории “состоит в ревностном и настойчивом исследовании, насколько геологические явления согласуются с действием перемен, ныне совершающихся или могущих совершаться в местах, для нас недоступных, — перемен, о существовании которых свидетельствуют нам вулканы и подземные движения. Путь этот ведёт к определению совокупного результата обыкновенных повседневных изменений, увеличиваемых временем, и питает тёплую надежду, что средства для этого определения, приобретаемые от наблюдения и опыта, или от изучения природы в том виде, в каком она теперь существует, далеко не исчерпаны... На нашей стороне теперь, по крайней мере, то преимущество, дознанное из опыта, что этот противоположный метод всегда ставит геологов на дорогу, ведущую прямо к истине, и предлагает воззрения, хотя, на первый взгляд, несовершенные, однако же подлежащие улучшению и окончательному усвоению по общему согласию” [6, с. 228].

Лайель счёл важным указать, что «необходимо дать более широкое значение слову “современный”, ибо под ним следует разуметь не момент времени, а промежуток, короткий или продолжительный, истекший между двумя событиями» [там же, с. 191].

Позднее постоянство геологических процессов — неживой природы — отстаивал один из крупнейших геологов рубежа XIX и XX вв. И. Вальтер, который писал: “Всё более убеждался в том, что великие геологические процессы той или иной давно прошедшей эпохи предопределялись теми же условиями, отличались теми же последствиями, какими отмечены соответствующие явления настоящего времени” [7, с. 514]; “климатические изменения (физические и химические в широком смысле слова) с незапамятных времён совершались на земной поверхности по одним и тем же законам” [там же, с. 515]. На основе таких предпосылок И. Вальтер разработал онтологический метод, благодаря которому, “исходя из явлений современности, мы пытаемся объяснить процессы прошлого” [4, S. XII]. По отношению к осадочным породам “возникла *сравнительная литология* (выделено И. Вальтером. — *В.К.*), позволяющая судить об отложениях давно прошедших времён по соответствующим образованиям настоящего времени” [7, с. 514]. По-видимому, это было первое появление подобной формулировки, которое впоследствии получило широкое распространение в нашей стране.

В России изучение современных осадков, в том числе прямое или косвенное использование полученных данных в геологических целях, связано прежде всего с именем академика Н.И. Андрусова и относится к концу XIX в. Весьма чётко

о значении изучения современного осадочного процесса для литологии высказывался Я.В. Самойлов, который писал, что “в основе современной геологии стоит принцип актуализма” [8, с. 19], “осадочные породы в главной своей массе представляют по своему происхождению осадки морского дна, и только на таковых мы сейчас остаемся. Совершенно очевидно, какое существенно важное значение в вопросе о подобных осадочных отложениях имеет возможно более детальное исследование *современных* осадков морского дна” [там же, с. 3]. На основе уже имеющегося опыта работ по изучению осадков северных морей он указывает три основных направления исследований: минералого-петрографическое изучение осадков; анализ органогенного состава осадков; изучение тех минеральных процессов, которые протекают на морском дне и которые приводят к образованию весьма характерных минералов, аутигенных, в современной терминологии. Поскольку осадки, превращаясь в породы, претерпевают те или иные, часто значительные изменения в процессе диагенеза и последующих вторичных преобразований, “общая схема изучения осадочных пород морского происхождения сводится к следующему. Мы стремимся мысленно освободить осадочную породу от всего последующего, всего наносного минерального материала и рассыпать её в рыхлый осадок морского дна, чтобы, опираясь на те закономерности, каким подчиняется проектирование современной жизни моря на его осадках, восстановить возможно полную жизнь существовавшего некогда морского бассейна” [там же, с. 18, 19]. Отметим, что Н.М. Страхов считал публикацию Я.В. Самойлова первой формулировкой задач и методологии литологии как самостоятельной науки [9].

В работе следующего года Самойлов повторил свои соображения: “Знание закономерностей в образовании отложений современного моря позволит с возможной полнотой и достоверностью, исходя из свойств древних морей, раскрыть картину этих морей” [10, с. 143]. “Изучение оформленных осадочных пород и аналогов их — первичного материала, осадков современного моря — должно производиться в теснейшей связи. Обе эти группы работ теснейшим образом связаны между собой” [там же, с. 144].

Словосочетание “сравнительно-литологический метод” в отечественную науку ввёл академик А.Д. Архангельский. Название его статьи указывает на то, какую роль он отводил изучению современных осадков: “Об осадках Чёрного моря и их значении в познании осадочных горных пород”. В первом же абзаце он писал: “Наряду с чисто формальными, петрографическими, в узком смысле этого слова, работами всё чаще и чаще появляются сравнительно-литологические исследова-

ния, имеющие своей конечной целью выяснение всех особенностей той среды, в которой происходило накопление осадков, давших начало породам. Достижение этой цели возможно лишь путём установления современных гомологов изучаемых пород и выяснения условий, в которых эти гомологичные ископаемым осадки теперь образуются” [11, с. 442]. Эта теоретическая установка была реализована им, в частности, при реконструкции обстановок накопления обогащённых органическим веществом толщ (которые, по современной терминологии, называются нефтематеринскими), в работе, посвящённой образованию нефти на Северном Кавказе [12]. Этот метод был применён в работах академика Н.М. Страхова и его школы. Идеологическую, методологическую и методическую основу он изложил и обосновал в специальной статье “О сравнительно-литологическом направлении и его ближайших задачах” [13], после чего началось по-настоящему массовое использование и внедрение метода.

Отмечая, что идея “сравнительной литологии” давно выдвинута А.Д. Архангельским, Н.М. Страхов сформулировал два положения, составляющие основу этого научного направления: “Сущность сравнительной литологии как научного направления заключается в том, что в основу познания осадкообразовательного процесса кладётся детальное и всестороннее изучение современного осадконакопления и присущих ему закономерностей; путём сопоставления (сравнения) ископаемых осадков отдельных геологических периодов друг с другом и современными отложениями устанавливаются черты сходства и различия древних и современных явлений седиментации, и таким образом реконструируется в рамках относительной и абсолютной геохронологии эволюция осадконакопления от древнейших времён до текущего геологического момента; одновременно вскрываются закономерности, присущие этой эволюции, и анализируется механизм, их вызывающий” [13, с. 35].

Второе положение не представляется бесспорным. Непосредственным объектам исследования — осадочным породам — отводится сугубо подчинённая роль и “навязываются” выводы, полученные при изучении современных осадков. Это вряд ли можно считать ошибкой или неточным выражением, поскольку данное положение упоминается Страховым и далее. Отмечая ряд важных показателей, влияющих на осадочный процесс, которые можно изучать в настоящее время, но не ясных для древних эпох (“что касается палеогеоморфологии, то сколько-нибудь точные данные о ней отсутствуют и едва ли могут быть когда-либо даны с достаточной степенью вероятности” [13, с. 36]), Н.М. Страхов подтверждает: “При таких условиях ископаемые породы, конечно, никак не могут быть главным объектом для выяснения фи-

зико-географических закономерностей пространственной локализации фаций на лике Земли. Они являются лишь подсобным средством в этой работе. Центр тяжести перемещается на современные осадки. Развитие литологической науки выдвигает современные осадки на роль ведущего раздела литологии осадочных пород” [там же, с. 36].

Так или иначе, на основе перечисленных методических положений были осуществлены комплексные исследования осадков современных водоёмов (ископаемых осадков), материалы которых опубликованы в большом количестве статей и монографий, что в итоге привело к созданию капитальных “Основ теории литогенеза” [14] и “Типов литогенеза и их эволюции в истории Земли” [15]. Эти выдающиеся работы были по заслугам оценены научной общественностью, переведены на ряд иностранных языков, а их автор отмечен высшей в СССР наградой — Ленинской премией.

Возвращаясь несколько назад, следует отметить, что на прошедшем в 1952 г. первом Всесоюзном литологическом совещании определённая прямолинейность основных положений, базирующихся на практически дословном следовании постулату “настоящее — ключ к прошлому”, была подвергнута серьёзной критике и проверке. Конечно, в работе совещания была значительная идеологическая подоплёка, но и без этого соответствующее положение было справедливо раскритиковано. В решениях совещания значилось: “Метод сравнения настоящего с прошлым, являющийся обычным методом естественно-исторических наук и в работах русских геологов часто обозначающийся как метод актуализма, должен быть сохранён как один из важных приёмов историко-геологического исследования. Обязательным условием применения этого метода, как и других методов в литологии, является учёт поступательного развития процесса образования осадочных пород в истории Земли. Совещание считает, что способ решения генетических вопросов путём сравнения разновозрастных пород между собой и древних пород с современными осадками, получивший в советской науке название сравнительно-литологического метода, является методом правомерным и в ряде случаев плодотворным... Вместе с тем Совещание отмечает ошибочность определения сравнительно-литологического метода, данного Н.М. Страховым в 1945 г. и обсуждавшегося в ходе дискуссии. Согласно этому методу, в основу теории осадкообразовательного процесса было положено изучение современного осадкообразования, и это изучение считалось ведущим разделом науки об осадочных породах. Подобная оценка роли изучения современных осадков для построения общей теории образования осадочных пород не

верна, так как она не соответствует представлениям о поступательном развитии Земли” [16, с. 157, 158].

Надо отметить, что в работах Н.М. Страхова и его сотрудников значительное внимание уделялось вопросам эволюции обстановок и самого процесса осадочного породообразования [15–17]. Однако строгое следование сравнительно-литологическому методу начинало сказываться, что накладывало значительные ограничения на решение ряда существенных вопросов. Так, академик А.Л. Яншин, отдавая должное этому направлению, писал, что Н.М. Страховым “подробнейшим образом описан гумидный тип литогенеза со всеми его особенностями и во всех его многообразных проявлениях. Убедительно показано на огромном цифровом материале, что все особенности выветривания, переноса материала и отложения осадка, процессов диагенеза и эпигенеза, поведения отдельных элементов и даже окраски пород при гумидном типе литогенеза связаны с присутствием большого количества органического вещества растительного происхождения... Однако наземная растительность существовала не всегда... А каковы же были особенности гумидного литогенеза на континентах до появления наземной растительности? Ответа на этот вопрос мы не найдём...” [18, с. 7].

Действительно, в течение длительной геологической истории в древних отложениях были такие породы, даже отдалённые аналоги которых не обнаружены в современных осадках. Таковы, например, железистые кварциты (джеспилиты), образующие толщи огромного площадного распространения на границе архея и протерозоя, возможно, магнезиты протерозоя и др. Сама обстановка тех эр принципиально отличалась от современной, так что прямолинейное сравнение теряет всякий смысл.

Параллельно с работами по методологии сравнительно-литологического изучения осадочных пород и осадочных процессов с середины 1950-х годов начало формироваться и активно развиваться эволюционное направление в геологии в целом и в литологии в частности, что не отменило изучения современных осадков и бассейнов осадкообразования. Подобные исследования вышли на более высокий уровень. Ранние работы были основаны на изучении континентального блока земной коры и лишь частично окраинных зон океанов. С конца 1960-х годов упор был сделан на исследование осадков Мирового океана, и не только четвертичного периода, но и до мезозоя включительно (по материалам глубоководного бурения более древних вплоть до мезозоя включительно). Эти исследования в нашей стране связаны с именем академика А.П. Лисицына и сотрудников Института океанологии РАН [19–22].

К сожалению, сам Н.М. Страхов встретил подобные исследования не просто прохладно, а весьма категорично [23, 24]. В какой-то мере это нашло отражение в его монографии “Развитие литогенетических идей в России и СССР” [25]. Судя по тексту и рисункам, все направления литологии обозначены им как тупиковые, эволюционное направление не отмечено вовсе, а в качестве развивающейся представлена только концепция типов литогенеза самого автора.

Сравнительно-литологическое направление активно и плодотворно развивалось, на его основе получены выдающиеся результаты, исследования продолжают и приносят результаты и ныне, но “золотой век” этого направления прошёл, и его значение, по крайней мере в его первоначальном классическом виде, явно уменьшается, исследования переходят на другой уровень и во многом замещаются направлением эволюционным.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Задачи дня в области радия // Очерки и речи. Ч. 1. Петроград: Научное химико-техническое изд-во, 1922. С. 31–44.
2. Бюффон Ж.Л.Л. Всеобщая и частная естественная история графа де Бюффона. Часть 1. СПб., 1789.
3. Неймайр М. История Земли. Т. 1. СПб, 1904.
4. Walther J. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Iena: Gustav Fischer, 1893/1894.
5. Хэллем Э. Великие геологические споры. М.: Мир, 1985.
6. Ляйэлль Ч. Основные начала геологии или новейшие изменения Земли и её обитателей. СПб., 1866.
7. Вальтер И. История Земли и жизни. СПб.: Изд-во П.П. Сойкина, 1912.
8. Самойлов Я.В. Очередные работы в области изучения осадочных пород // Труды Института прикладной минералогии и петрографии. Вып. 3. М., 1923.
9. Страхов Н.М. О первой формулировке задач и методологических установках литологии как самостоятельной науки // Литология и полезные ископаемые. 1968. № 5. С. 118–123.
10. Самойлов Я.В. Задачи изучения современных осадков морского дна // Почвоведение. 1924. № 1–2. С. 141–146.
11. Архангельский А.Д. Об осадках Чёрного моря и их значении в познании осадочных горных пород // Избранные труды. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 442–486.
12. Архангельский А.Д. Условия образования нефти на Северном Кавказе // Избранные труды. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 442–486.
13. Страхов Н.М. О сравнительно-литологическом направлении и его ближайших задачах // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. 1945. Вып. 3–4. С. 34–48.
14. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1960, 1962.
15. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963.
16. Решение Совещания по осадочным породам // Совещание по осадочным породам. Доклады. Вып. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 155–170.
17. Страхов Н.М. Этапы развития внешних геосфер и осадочного пороодообразования в истории Земли // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1962. № 12. С. 3–22.
18. Яншин А.Л. Предисловие (О принципах выделения геологических формаций) // Анатольева А.Н. Домезозойские красноцветные формации. Новосибирск: Наука, 1972.
19. Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации. М.: Наука, 1978.
20. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988.
21. Лисицын А.П. Литология литосферных плит // Геология и геофизика. 2001. № 4. С. 522–559.
22. Лисицын А.П. Маргинальные фильтры и биофильтры Мирового океана // Океанология на старте века. М.: Наука, 2008.
23. Страхов Н.М. К вопросу о типах литогенеза в океанском секторе Земли // Литология и полезные ископаемые. 1976. № 6. С. 3–30.
24. Страхов Н.М. Две схемы современного глобального литогенеза и их методология // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1977. № 8. С. 5–20.
25. Страхов Н.М. Развитие литогенетических идей в России и СССР. М.: Наука, 1971.



## РАЗМЫШЛЕНИЯ НАД НОВОЙ КНИГОЙ

### ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКАЯ НАУКА И СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ КОНТЕКСТ

© 2016 г. В.А. Лекторский<sup>а</sup>, В.И. Аршинов<sup>а</sup>, В.Ю. Кузнецов<sup>б</sup>, Б.И. Пружинин<sup>а, с</sup>

<sup>а</sup> Институт философии РАН, Москва, Россия

<sup>б</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>с</sup> Журнал “Вопросы философии”, Москва, Россия

e-mail: v.a.lektorski@gmail.com, varshinov@mail.ru, vassilik@mail.ru, prubor@mail.ru

Поступила в редакцию 14.12.2015 г.

Статья посвящена обсуждению недавно вышедшего двухтомника избранных работ выдающегося отечественного философа В.С. Стёпина. Авторы рассматривают несколько сюжетов, которые представляются им центральными как для творчества Стёпина, так и для перспектив развития современной философии. Все они так или иначе связаны с проблематикой изменения научной рациональности и характеристикой современного этапа развития науки. Особое место в этом контексте занимает проблема качественно новой взаимосвязи субъекта и объекта постнеклассической онто-эпистемологии турбулентного мира сложности.

**Ключевые слова:** Постнеклассическая рациональность, рефлексия, сложность, субъект познания, коммуникация, наблюдатель сложности.

DOI: 10.7868/S0869587316080077

Для философской традиции самоосмысление в процессе взаимодействия с наукой, включающее в той или иной степени и в том или ином ракурсе целый комплекс вопросов о взаимоотношении науки и социокультурного контекста, в которой она погружена, всегда было едва ли не самой сложной и спорной проблемой. На протяжении всего XX в. и уже в новом столетии эта проблематика не теряла своей актуальности, снова и снова возобновляясь: начиная с полемик позитивизма и экзистенциализма, сциентизма и антисциентизма, логического позитивизма и постпозитивизма, так называемого постмодернизма и научного материализма, континентальной и аналитической философии и заканчивая наисовременнейшими спорами социальных конструктивистов со спекулятивными реалистами.

ЛЕКТОРСКИЙ Владислав Александрович — академик, заведующий сектором теории познания Института философии РАН. АРШИНОВ Владимир Иванович — доктор философских наук, главный научный сотрудник Института философии РАН. КУЗНЕЦОВ Василий Юрьевич — кандидат философских наук, доцент кафедры онтологии и теории познания философского факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. ПРУЖИНИН Борис Исаевич — доктор философских наук, ведущий научный сотрудник Института философии РАН, главный редактор журнала “Вопросы философии”.

В этом контексте вышедшие в двух томах избранные работы В.С. Стёпина<sup>1</sup> представляют особый интерес. Они не только предъявляют читателю новейшие достижения мысли и философские результаты высочайшего уровня в различных областях исследований, но и демонстрируют творческую эволюцию концепции известного отечественного философа. Развитие авторских подходов и наращивание богатства их содержания начиналось с изучения научной теории в её становлении на конкретных примерах классической и современной физики, разворачивалось через выявление оснований научной рациональности, идеалов и норм научного исследования в их динамической смене в ходе научных революций и вылилось в итоге в обсуждение новых мировоззренческих ориентиров цивилизационного развития. Исследование социокультурных измерений науки привело В.С. Стёпина к изучению образов культуры в современной научной картине мира, мировоззренческих универсалий как основания культуры, раскрытию философии как самосознания культуры, анализу перспектив развития цивилизации, а также пониманию традиций

<sup>1</sup> Стёпин В.С. Философия и методология науки. Избранное. М.: Академический проект, Альма Матер, 2015. 716 с.; Он же. Философская антропология и философия культуры. Избранное. М.: Академический проект, Альма Матер, 2015. 542 с.

российской культуры в условиях новой модернизации. Все эти и многие другие линии мысли, многообразие которых сложно исчерпать перечислением, прорабатываются В.С. Стёпиным в полемической перекличке с ведущими и важнейшими концепциями и тенденциями, характеризующими современную мировую философию, оставаясь всегда на переднем крае исследований и предлагая ответы на животрепещущие вопросы. Его работы отличаются не только оригинальностью подходов, но и неизменно высоким уровнем рефлексивности, отражая реализацию всех описываемых идеалов и стандартов рациональности.

Для того чтобы подробно охватить и разобрать все идеи и мысли В.С. Стёпина, потребовалось бы написать работу, по-видимому, ещё более объёмную, чем двухтомное собрание его избранных работ. Поэтому далее мы сосредоточимся на нескольких сюжетах, которые представляются нам центральными как для творчества Стёпина, так и для перспектив развития современной философии. Все они так или иначе связаны с проблематикой изменения научной рациональности и характеристикой современного этапа развития науки.

**Эволюция типов рациональности и проблема постнеклассики.** Наверное, первым, кто отчётливо тематизировал подобную проблематику, был М. Фуко, который ещё в 1966 г. в книге «Слова и вещи» обнаружил и описал «два крупных разрыва в эпистеме западной культуры: во-первых, разрыв, знаменующий начало классической эпохи (около середины XVII века), а во-вторых, тот, которым в начале XIX века обозначается порог нашей современности. Порядок, на основе которого мы мыслим, имеет иной способ бытия, чем порядок, присущий классической эпохе... Дело не в предполагаемом прогрессе разума, а в том, что существенно изменился способ бытия вещей и порядка, который, распределяя их, предоставляет их знанию» [1, с. 35]. Уже здесь зафиксировано принципиальное противопоставление, осуществлённое не внешним образом в духе классических бинарных оппозиций (порядок—беспорядок, разум—неразумие и т.п.), а внутри самого порядка, разума и т.п. — противопоставление, отличающее один порядок от другого порядка, один разум от другого разума. Иными словами, Фуко утверждает возможность (или даже необходимость) существования разных порядков и разных разумов, а точнее, экстраполирует принципы рациональности (пусть и в неизбежно трансформированном виде) за пределы области её первоначальной действительности.

Более радикальным оказался подход, заявленный — насколько можно судить, совершенно независимо — немногим позже, в 1970 г., М.К. Мамардашвили и его соавторами Э.Ю. Соловьёвым и В.С. Швырёвым [2, 3]. Они предложили различать классику и современность, чтобы «установить *общий строй* идей для понимания и объясне-

ния новых тенденций философского сознания, наметившихся с конца XIX — начала XX века и ставших на сегодняшний день типическими»<sup>2</sup> [цит. по: 5, с. 103]. «Статья трёх авторов» сразу после публикации стала культовой, активно цитировалась и обсуждалась, а двумя годами позже была в несколько изменённом и дополненном виде опубликована под названием «Классика и современность» [6]. Позднее Мамардашвили подытожил свои размышления на эту тему в книге «Классический и неклассический идеалы рациональности» (1984), где поместил соответствующее разделение уже в гораздо более широкий контекст, включающий также науку (и отчасти даже культуру в целом) [7]. Данный подход представляется несколько более эвристичным и продуктивным, о чём свидетельствует хотя бы степень его влияния, и потому заслуживает не только тщательного анализа, но также критического разбора и дальнейшего развития.

Таким образом, конституирование различия классики и неклассики как фундаментальных типов философствования представляет собой стратегический ход, вполне последовательно требующий рассмотрения в том же самом концептуальном проблемном поле философии. При этом он является принципиально неклассическим, то есть реализуется с учётом тех предпосылок, которые требуются для его осуществления, и сугубо рефлексивным, поскольку выводит на первый план проблему рефлексивных уровней.

Рефлексией нулевого порядка (или уровня) [8, 9] обладает нерефлексивная предметная деятельность, а осознание и осмысление этой деятельности будет уже рефлексией первого порядка, осознание и осмысление этого осознания и осмысления — второго и т.д. Примечательно, что для схватывания самой рефлексии любого фиксированного уровня необходима рефлексия более высокого порядка, причём рефлексия любого уровня остаётся для самой себя по понятным

<sup>2</sup> Следует отметить, что заявленный подход имеет больше общего с тем, который — правда, вне различения классики/неклассики — Фуко сформулировал в небольшом тексте 1967 г. «Ницше, Фрейд, Маркс», подчеркнув, что «XIX век, и прежде всего Маркс, Ницше и Фрейд открыли перед нами новую возможность интерпретации... Такие работы, как первая книга «Капитала», как «Рождение трагедии...» или «Генеалогия морали», как «Толкование сновидений», снова ставят нас перед лицом техник интерпретации. И тот шоковый эффект, который вызвали эти работы, то своего рода оскорбление, которое они нанесли европейской мысли, возможно, связаны с тем, что перед нашими глазами вновь появилось нечто такое, что сам Маркс называл «иероглифами». Это ставит нас в неудобное положение, поскольку эти техники интерпретации касаются нас самих, поскольку теперь мы, как интерпретаторы, с помощью этих техник стали интерпретировать себя самих. Но с помощью этих же техник мы должны теперь исследовать и самих Фрейда, Ницше и Маркса как интерпретаторов, и таким образом мы взаимно отображаемся в бесконечной игре зеркал» [4, с. 50].

причинам невидимой — образуется своего рода лестница, находясь на которой, мы можем видеть только более низкие ступеньки, но не ту, на которой стоим. Ясно, что сама по себе рефлексивная возгонка, потенциально грозящая дурной бесконечностью, никаких позитивных результатов принести не может. Однако без учёта многоярусных рефлексивных эффектов и возможности подключения дополнительных уровней рефлексии мы рискуем сами себя концептуально стреножить, зашорить и тем самым заведомо неправомерно ограничить. Поэтому задача заключается в том, чтобы последовательно и критично надстраивать рефлексивные этажи, по возможности внимательно отслеживая возникающие эффекты.

Переход от классической философии к философии неклассической ознаменовался именно введением ещё одного специального рефлексивного этажа, обеспечивающего тематизацию и проблематизацию практически неосознаваемых предпосылок, установок и допущений, лежащих в основании соответствующих концепций и задающих в первую очередь осознание мыслителем самого себя<sup>3</sup>. Выражаясь точнее, они вскрывают роль предполагаемого понимания сознания в тех выводах, которые иначе можно было бы считать беспредпосылочными и/или абсолютными. Ведь в классике рефлексия не предлагает каких-то иерархий, она просто не нуждается в подобном структурировании, потому что сознание полагается непрерывным, доступным саморефлексии в любой своей точке и прозрачным для самого себя. В неклассической ситуации дело обстоит совершенно иначе: нейтральная по видимости среда или, казалось бы, универсальное средство обретают массу и плотность, становятся принципиально значимыми сообщениями [10]. Поскольку неклассика уже понимает, что беспредпосылочного (по)знания не существует, постольку именно анализ его предпосылок и становится ключом к его осмыслению.

Чрезвычайно показательным является то обстоятельство, что сам переход от классики к неклассике был схвачен и концептуализирован фактически на столетие позже, чем произошёл. Действительно, если появление неклассических стратегий философствования во второй половине XIX в. олицетворяется именами К. Маркса,

Ф. Ницше и З. Фрейда, то осмысление значения данного перехода происходит только в конце 60-х годов XX в. Этот временной зазор потребовался для подготовки рефлексивного оборачивания неклассики на саму себя.

Дальнейшая трансформация философии была во многом связана с продолжением наращивания порядков рефлексии, несводимых к классическим образцам. Однако дополнительные рефлексивные уровни не дают никаких концептуальных преимуществ, если не проработаны все выводы из их принятия, ведущие к критическому пересмотру фундаментальных философских оснований. И это весьма нетривиальная задача: иллюзии не так легко поддаются даже выявлению, не говоря уже об их развеивании. За примерами далеко ходить не надо. “Главная иллюзия, конечно, — это пустое пространство между нашим якобы бесплотным взглядом и его видимым объектом. Необходимо разрушить подобное интуитивное мышление в этой области, высвобождая поле для анализа того, что на самом деле происходит в мире и его отражении” [7, с. 99]. А ведь это — заключительная фраза книги, посвящённой как раз тщательному критическому разбору классических представлений об отражении мира как он есть на самом деле в зеркале нашего сознания!

Таким образом, последовательное наращивание уровней рефлексии в неклассике в какой-то момент неизбежно достигает некоторого рефлексивного замыкания (в той степени, естественно, в какой это вообще возможно). Это происходит тогда, когда мыслитель не просто осуществляет традиционное для философии осознание того, что он делает, не только фиксирует неустранимое действие имплицитных онтолого-гносеологических, социокультурных, аксиологических и антропологических предпосылок, но и пытается контролировать собственную позицию и выполняемый манёвр в соответствующем концептуальном пространстве. В этот момент намечается принципиальный сдвиг в самой неклассике, её радикальная трансформация — появление постнеклассики. Ни у Фуко, ни у Мамардашвили мы не найдём рассмотрения внутренней (генетической и типологической) неоднородности неклассики, равно как и размышлений о том, что приходит или должно прийти ей на смену. О следующей за неклассикой фазе заговорил В.С. Стёпин<sup>4</sup>.

Выделяя отдельный постнеклассический тип научной рациональности, В.С. Стёпин связывает его специфику с актуализацией и обязательным учётом внутринаучных и общесоциальных ценностей и целей: “Становление постнеклассиче-

<sup>3</sup> Вот что пишет по этому поводу Фуко: “Фрейд говорил о трёх великих нарциссических разочарованиях в европейской культуре: первое связано с Коперником, второе — с Дарвином, доказавшим происхождение человека от обезьяны, и третье — с самим Фрейдом, открывшим, что сознание основано на бессознательном. И я задаю себе вопрос: нельзя ли было бы считать, что Маркс, Ницше и Фрейд, охватив нас интерпретацией, всегда отражающей саму себя, создали вокруг нас — и для нас — такие зеркала, где образы, которые мы видим, становятся для нас неисчерпаемым оскорблением, и именно это формирует наш сегодняшний нарциссизм?” [4, с. 50].

<sup>4</sup> Сам термин “постнеклассика” в конце 1980-х годов В.С. Стёпиным ещё не использовался (см.: [11, 12]), появившись впервые в начале 1990-х [13].

ской рациональности требует нового углубления рефлексии над научным познанием. В поле этой рефлексии включается проблематика социокультурной детерминации научной деятельности. Она рассматривается как погружённая в социальный контекст, определяемая доминирующими в культуре ценностями. В таком подходе ценностно-целевые структуры субъекта науки становятся особым предметом анализа” [14, с. 293].

Динамика перехода от одного типа к другому демонстрируется посредством очень интересной схемы [13, с. 14, 15]<sup>5</sup>, которую для наглядности можно предельно упростить и несколько модифицировать. В развёрнутом виде схема характерна исключительно для постнеклассики, поэтому в целях приближения к имманентному видению каждой эпохи имеет смысл представить её в трёх версиях. Вариант классики простейший и очевидный:  $\{C \rightarrow (O)\}$ <sup>6</sup> — субъект непосредственно противостоит объекту, знание формулируется только об объекте, всё остальное, трактуемое как субъективное (буквально, относящееся к субъекту), из него устраняется. Вариант неклассики несколько усложняется:  $\{C \rightarrow (Cp. \rightarrow M)\}$  — для полного и корректного описания объекта оказывается необходимым включить в него как материал действия, так и те средства, с помощью которых проводилось исследование, то есть учитывать воздействие на материал, так как применение разных средств в неклассической ситуации даёт разный результат. Аналогом классического объекта, таким образом, оказывается объективированный<sup>7</sup> комплекс средств и материала. Иными словами, средства выделяются из сферы ответственности субъекта, отслаиваются от него, объективируются; независимый от средств объект уже просто не существует, объективируется жёсткая связка средств и результата. Знание релятивизируется относительно этой связки, но никоим образом не субъективизируется.

Наиболее изощрённым оказывается вариант схемы, характерный для постнеклассики:  $\{C \rightarrow (ЦЦ \rightarrow Cp. \rightarrow M)\}$ . В соответствии с ним полное описание объекта обязательно включает цели

и ценности, влияющие на выбор средств, с помощью которых проводится исследование и одновременно осуществляется воздействие на материал. В постнеклассической ситуации ни предметы, ни средства не являются аксиологически нейтральными, а результат рассматривается как обусловленный разными целями и ценностями, накладывающими разные ограничения. Можно сказать, что на этом этапе от субъекта отслаивается, обретает некоторую автономию и объективизируется ещё один пласт. Знание релятивизируется относительно уже новой расширенной связки, хотя опять-таки никоим образом не субъективизируется.

Разобранная схема наглядно показывает, как казавшаяся классикам пустой, прозрачной и пронизываемой среда постепенно заполняется опосредующими инстанциями, превращаясь в посредника между субъектом и объектом (материалом/результатом), а также в единственное средство упорядочения и освоения мира. Об этом писал ещё Фуко: “Что гарантирует нам полную надёжность устанавливаемой нами продуманной классификации, когда мы говорим, что кошка и собака меньше похожи друг на друга, чем две борзые, даже если обе они приручены или набальзамированы, даже если они обе носятся как безумные и даже если они только что разбили кувшин? (...) В чём состоит эта логичность, которая явно не определяется априорным и необходимым сцеплением и не обуславливается непосредственно чувственными содержаниями? (...) Порядок — это то, что задаётся в вещах как их внутренний закон, как скрытая сеть, согласно которой они соотносятся друг с другом, и одновременно то, что существует, лишь проходя сквозь призму взгляда, внимания, языка; в своей глубине порядок обнаруживается лишь в пустых клетках этой решётки, ожидая в тишине момента, когда он будет сформулирован” [1, с. 32, 33].

Предлагая называть неонеклассикой следующую за неклассикой эпоху в развитии науки, В.В. Ильин, вслед за В.С. Стёпиным, связывает её специфику прежде всего с экспликацией в схеме познания ценностной составляющей. «Неклассическая цепочка “знание—реальность” трансформируется в неонеклассическое кольцо “реальное знание и его человеческий потенциал в онаучиваемой реальности”. Натуралистические гео- и гелиоцентризации уступают место аксиологической антропоцентризации; высшим кредо постижения мира предстаёт не эпистемологический (знание — цель), а антропный принцип: знание — средство, при любых обстоятельствах познавательная экспансия должна получать гуманитарное, родовое оправдание. Подобная нетривиальная постановка обостряет проблему взаимоотношения знания и цели, истины и ценности, ещё более разобшая неонеклассику с классикой и не-

<sup>5</sup> Эта же схема воспроизводится В.С. Стёпиным с незначительными изменениями в монографии 2000 г. [15, с. 633–635], более поздней статье [14, с. 275–286] и, наконец, в первой книге избранных работ (с. 454, 455).

<sup>6</sup> Здесь и далее фигурные скобки обозначают границы схемы, а круглые включают только “объект” — то, что объективируется и удерживается в представленной картине единого мира как фиксируемое объективным и рациональным знанием; С — субъект, О — классический объект, Cp. — средства, М — материал, ЦЦ — цели и ценности.

<sup>7</sup> Сравните с методологическим принципом П. Бурдьё, требующим “объективировать эту объективирующую дистанцию и социальные условия, сделавшие её возможной, как то, что внеположено наблюдателю; объективировать имеющиеся в распоряжении техники объективации и т.п.” [16, с. 32].

классикой... Знание может обслуживать разные цели, но не может быть жёстко с ними связано. С целью (через технологию) в естественно-научной сфере координируется техника. С целью (через социальные программы) в социальной сфере координируется политика. Преследование целей апеллирует к знанию, но в фокусе внимания удерживает ценность. Мировые линии одного и другого не синхронизированы. Знание добывает истину, оно дескриптивно, ценность стоит на оценке, жизненной правде, она прескриптивна. Продукт знания — истина — универсальна; продукт ценности — оценка, жизненная правда — экзистенциально ориентирована» [17, с. 32]. Новая проективная и проецирующая, структурированная и структурирующая идеология и символическая система [18, с. 88–90] освоения мира, идеология познания и действия не может не соотноситься с интересами человека хотя бы только потому, что во всё большей степени начинает напрямую определять и формировать, конструировать и задавать обстоятельства жизненного мира каждого из нас, требуя адекватного осмысления.

Безусловно, с ценностями нужно обращаться весьма осторожно, даже деликатно, поскольку они затрагивают как допредикативные интересы и убеждения людей, так и их предпочтения. Однако это не отменяет необходимости рефлексивного анализа ценностей, направленного, по крайней мере, на то, чтобы перевести их в план сознания и соотнести друг с другом, а затем обязательно переоценить (как предлагал, например, тот же Ницше [19]), но оценить по степени важности и значимости. Подобный анализ, вполне возможно, будет сопровождаться получением разных неожиданных и интересных результатов.

Последовательные программы детрансцендентализации предполагают постепенное захватывание всё новых уровней рефлексии, то есть сдвиг от локальности, принимаемой за универсальность, к той же локальности, но осознаваемой уже в её собственных границах. Поскольку классические цели оказались недостижимыми, приходится искать новые цели и ставить новые задачи, соизмеряя свой выбор с вскрывшимися обстоятельствами, учитывая влияние разных факторов. Мы обязаны вставать на этот путь, даже если не хотим отказываться от самых высоких универсальных ценностей. И хотя сегодня уже вряд ли можно сказать, что постнеклассическая картина познавательного процесса ещё только формируется, она по-прежнему далека от своего завершения: не все присущие ей особенности проявились в полной мере или могут быть выявлены и чётко зафиксированы (подробнее см. [20]).

**Постнеклассика и междисциплинарные исследования сложности.** Как подчёркивает В.С. Стёпин, все три типа научной рациональности в неко-

тором смысле сосуществуют, будучи связанными между собой неким обобщённым принципом соответствия, поэтому “появление каждого нового типа рациональности не отбрасывало предыдущего, а только ограничивало сферу его действия” (“Философия и методология науки. Избранное”, с. 454). Так, возникновение теории относительности и квантовой механики привело к рефлексивному осознанию границ применимости классической механики и переосмыслению понятий пространства, времени, причинности, реальности и т.д. Аналогичная, хотя в определённом смысле более сложная ситуация возникла в связи с появлением квантовой механики и сопряжённых с ней принципов наблюдаемости, контекстуальности, неопределённости и дополненности и, соответственно, с формированием более высокого уровня рефлексивности. Наконец, постнеклассическая рациональность, ядром которой являются междисциплинарные кластеры системно-кибернетических и синергетических понятий и нелинейных человекообразных моделей “система—окружающая среда”, породила новый комплекс вопросов уже трансдисциплинарного характера. Центральной проблемой, группирующей вокруг себя эти вопросы “второго порядка”, стала проблема сложности, в том числе сложности и анализа систем ценностей в возникающем новом мире сложности. Классическая, неклассическая и постнеклассическая рациональности, будучи вовлечёнными в данную проблематику, образуют качественно новую открытую системную сложность, сформированную особого рода круговым, рекурсивным соотношением между ними. Между разными фрагментами научного знания возникает сетевое, или, что, возможно, точнее, гетерархическое соотношение, в котором постнеклассические принципы наблюдаемости, контекстуальности, соответствия, неопределённости и дополненности оказываются, по сути, разными гранями метапринципов рекурсивности и коммуницируемости смыслов нелинейной (и многомерной) динамики научного знания.

Комплекс обозначенных трансдисциплинарных вопросов формирует то, что можно назвать “парадигмой сложности”. Вместо строгого определения данного понятия, которое невозможно дать в рамках самой парадигмы сложности (как, впрочем, невозможно определить понятие парадигмы), предоставим слово Э. Морену, предложившему этот термин. «Существуют две противоположные парадигмы, касающиеся отношения человек—природа, — отмечает Морен. — Первая парадигма включает человека в природу и всякое рассуждение, развёрнутое в её рамках, превращает человека в природное существо и видит “человеческую природу”. Вторая парадигма исходит из разделения этих двух терминов и, определяя спе-



цифику человека, исключает идею природы. Эти противоположные по своему смыслу парадигмы сходны в том, что они, по сути, развёртываются в рамках некоторой более широкой парадигмы — парадигмы упрощения, которая перед лицом всей концептуальной сложности предписывает или редукцию (человека к природному), или разделение (между человеком и природой). Обе эти парадигмы препятствуют пониманию двойственного единства (природное—культурное, мозговое—психическое) человеческого бытия, а также мешают осознанию отношения одновременно причастности человека к природе и разделения человека и природы. Только сложная парадигма причастности/различения/соединения позволяет построить такую концепцию, но она ещё не вписана в научную культуру» [21, с. 29, 30].

Один из этапов включения постнеклассической рациональности в контекст парадигмы сложности состоит в причастности постнеклассической рациональности к рефлексивному различению/соединению двух типов знания. Здесь мы различаем, следуя Дж. Мокиру, знания описывающие (знания “о том, что”) и знания предписывающие (знания “о том, как”) [22]. Синергичное взаимодействие между ними приводит к тому эмерджентному эффекту, который при наличии ещё целого ряда дополнительных условий (стабильность, транслируемость и т.д.) превращается в инновацию. Другое необходимое различие — это различие, согласно М. Полани, знания неявного, личностного, принципиально неотделимого от субъекта/наблюдателя/участника процесса генерации знания, и знания эксплицитного, объективируемого и коммуницируемого [23]. При этом обобщённые принципы соответствия, наблюдаемости, дополненности превращаются в интегральный принцип конструктивной рекурсивности, то есть соотносимости знания с самим собой, со своими разными, контекстуально выделяемыми фреймами и одновременно с окружающей средой — естественной, природной, с одной стороны, и искусственной, технической и социокультурной — с другой.

Таким образом, постнеклассическое знание само оказывается *сложностным* — сложно организованной автопоэтической системой концепций, описаний, практик экспериментирования, компьютерного моделирования, наблюдения, измерения, конструирования и коммуникации. В постнеклассической науке самые разные фрагменты знания вступают в синергичное взаимодействие между собой, порождая многообразие способов генерации нового знания, что обусловлено существованием сложностной, пронизанной различиями знаниевой среды. Генерация различий является одной из важнейших предпосылок роста сложности этой среды, соответственно, её способности инициировать синергию, а

значит, и инициировать процессы конвергенции знаний и технологий, процессы, определяющие способ развития современного постиндустриального общества. Одной из ключевых характеристик сложности является потенциальная способность даже при кажущемся незначительным, слабым воздействием порождать эффекты самоорганизации, эмерджентности. Как отмечает в конце своей книги “Метод. Природа Природы” Морен, “сложность прежде всего заставляет себя признать как невозможность упрощения; она возникает там, где сложная целостность порождает свои эмерджентности; там, где теряются отличительные и ясные признаки в тождественных сущностях и причинных связях; там, где элементы беспорядка и неопределённости нарушают течение событий; там, где субъект/наблюдатель улавливает своё собственное лицо в объекте своего наблюдения; там, где антиномии приводят к тому, что в ходе рассуждения мы отступаем от своего предмета...” [24, с. 450].

В последние годы в связи с проблемой сложности философ и социолог науки Х. Новотны ввела в обиход понятие эмерджентного интерфейса [25]. В изначальном физическом смысле интерфейс — это поверхность раздела двух фаз вещества, которое может быть твёрдым, жидким, газообразным или границей раздела живого и неживого и т.д. При этом существенно, что интерфейс порождает качественно новые свойства или эффекты, отличные от свойств ассоциированных с ним поверхностей (в этой эмерджентности интерфейсов кроется один из источников инновационного потенциала конвергентного нанотехнологического развития). Новотны распространяет идею интерфейса на ситуацию пересечения или конфронтации разных форм и/или областей знания и приводит множество примеров такого рода интерфейсов.

Эмерджентность говорит о незапланированности, неожиданности возникновения свойств, феноменов или объектов, которые ведут себя как “граничные”, но не имеют отчётливо распознаваемой границы, а потому не поддаются категоризации и классификации. Следовательно, вместо того чтобы играть роль коммуникативных медиаторов и порождать возможность консенсуса, они ведут к размежеванию и конфликту. Находясь между двумя взаимно несоизмеримыми, взаимно непрозрачными языками, они порождают рост сложности вследствие трудностей интерпретации. Тем не менее эти же “граничные”, гибридные объекты, отмечает Новотны, могут быть провозвестниками грядущих коммуникативных прорывов, снижающих уровень сложности, оптимизирующих её, хотя лишь временно, а не окончательно. Новотны апеллирует к Н. Луману [26], для которого коммуникация в социальных системах представляет собой редукцию сложности. Уместно также

упомануть о его концепции “двойной контингентности”, исходной взаимной коммуникативной непрозрачности, неопределённости вошедших в “соприкосновение” автопоэтических систем. Ситуация неожиданной встречи разных областей знания оказывается общим контекстом для возникновения эмерджентного интерфейса. Она порождает рост сложности, для редукции которой требуется коммуникация, причём такая, при которой двойная контингентность сохраняется как нечто “полупрозрачное”, поскольку любая попытка её элиминации хотя и упрощает ситуацию, но таким образом, что блокирует её дальнейшее креативное продолжение. О какой же коммуникации идёт речь?

Исходным для подобной коммуникации будет ключевой тезис кибернетики второго порядка Х. фон Фёрстера: “Коммуникация — это рекурсия” [27, с. 305–325]. Понятие рекурсии здесь рассматривается в качестве синергично сопряжённого с такими понятиями, как рекуррентность, самоотнесённость, “действительный цикл, становящийся рефлексивным и генерирующим сложное мышление” (Морен) [24, с. 45]. Подобный взгляд в высшей степени перспективен, поскольку позволяет нередукционистски соединить сложность в познании общества и те концепции сложности, которые возникли в последние годы в естественных науках — синергетику Г. Хакена, теорию диссипативных структур И. Пригожина, кибернетику второго порядка фон Фёрстера, теорию автопоэзиса Ф. Варелы и У. Матураны. Особое место в этом перечне принадлежит открытию так называемых странных аттракторов, которые чаще всего ассоциируются с понятием детерминированного хаоса и в меньшей степени с динамически рекурсивным (фрактальным), а потому и коммуникативным процессом, лежащим в основе порождения новых смыслов, или, по В.В. Налимову, “распаковывания” смыслового континуума [28].

Концепция интерфейса подводит нас непосредственно к ключевому философскому вопросу о субъекте-наблюдателе сложности, который сам по себе должен быть сложен, приравнен к тому, что он “наблюдает”. Процесс погружения наблюдателя в природу как констелляцию сложно переплетающихся процессов должен быть продолжен. Это естественное продолжение метафизической исследовательской программы И. Пригожина — программы “нового диалога человека с природой” [29]. Для такого диалога требуется, согласно Пригожину, трансформация самого субъекта-наблюдателя, в результате которой он окажется способным различать будущее и настоящее. Для этого субъект-наблюдатель должен быть открытой, неравновесной, нелокализуемой диссипативной структурой, включённой в созидующую Вселенную. В контексте “встречи со сложностью”

нам требуется не только расширение концептуального пространства диалога, но и качественная его трансформация, переход к новой синергично-коммуникативной парадигме. Нам необходимо заново войти в контекст диалога человека с природой. По аналогии с кибернетикой второго порядка можно назвать его “диалогом второго порядка” или диалогом двух наблюдателей — внутреннего (эндонаблюдателя) и внешнего (эксонаблюдателя). Интерфейсом в этом случае становится пространство коммуникативно осмысленных событий-встреч внешнего и внутреннего, субъективного и объективного в общем контексте самоорганизующейся Вселенной [30]. Подходящей метафорой-образом здесь мог бы быть образ листа Мёбиуса — поверхности, для которой различение внешней и внутренней сторон не имеет абсолютного значения. При этом существенно, что сам постнеклассический наблюдатель является предметом исторического конструирования, исторического развития интенциональности человеческого сознания в связке “Я—Другой”. Иными словами, мы приходим к когнитивной конфигурации двух рекурсивно связанных (взаимно отсылающих друг к другу, коммуницирующих) наблюдателей.

Наблюдатель, наблюдающий другого наблюдателя, — вот исходный пункт мысленных экспериментов А. Эйнштейна, а затем В. Гейзенберга, Н. Бора, Ю. Вигнера, Д. Бома, С. Хокинга, Дж. фон Неймана, А. Тьюринга, Дж. Сёрля. Этот наблюдатель второго порядка (наблюдатель, наблюдающий себя как другого) явно или неявно присутствует в конструктивистских дискурсах автопоэзиса Варелы и Матураны, теории общества Лумана, кибернетики второго порядка фон Фёрстера. Некоторые авторы в этой связи говорят о “следующей революции в физике”, о становлении новой парадигмы в науке. И эта парадигма уже 20 лет имеет своё название — *эндофизика* (буквально “физика изнутри”). Термин “эндофизика” был предложен физиком-теоретиком Д. Финкельштейном в письме к основоположнику этого направления О. Ресслеру, внесшему (наряду с Э. Лоренцом) фундаментальный вклад в создание теории динамического хаоса (аттрактор Ресслера). В противоположность *экзофизике*, исходящей из перспективы возможности адекватного познания системы, наблюдаемой *извне*, эндофизика помещает наблюдателя внутрь Вселенной. Эндофизика фокусируется на модели наблюдателя, в этом её сущностное отличие от экзофизики. Согласно Ресслеру, принятие исследовательской программы эндофизики (а также эндопсихологии, эндокибернетики, эндотехнологии как нанотехнологии) предполагает, что наблюдатель должен быть включён в описание мира таким образом, чтобы иметь модель самого себя [31].

Эндофизика не появилась внезапно, первый шаг в направлении её создания — теория относительности Эйнштейна с её обменивающимися электромагнитными сигналами наблюдателями, второй — квантовая механика, показавшая взаимное сопряжение наблюдателя и наблюдаемого и, по сути, неустранимость сознания из квантово-механической картины мира, что особенно рельефно представлено в многомировой интерпретации квантовой механики Эверетта—Уилера. В этот перечень шагов на пути к эндофизике сложного мира нужно включить и “субъектно ориентированную вероятностную картину мира” В.В. Налимова с его бейсовским наблюдателем, понимаемым прежде всего как “Я-наблюдатель”, наделённый качеством спонтанности сознания в опыте переживания ситуации настоящего “теперь”, и теорию Пригожина с его “различающим время” диссипативным наблюдателем.

Что касается субъектного полюса модели развития науки, то здесь, как отмечает Т. Рокмор, “вновь вычленив субъективную составляющую, элиминированную классическим подходом к науке, В.С. Стёпин дистанцирует себя от позитивизма всех видов, открыто принимая историцистскую точку зрения, включающую в науку и вненаучные, и внутринаучные факторы, в частности являющиеся ценностно насыщенными. Историзм В.С. Стёпина вовсе не направлен на дисквалификацию ранее существовавших концепций науки, которые он рассматривает в качестве ограниченных и вытесненных новыми системами и нормами познания. Данное понимание науки не нейтрально по отношению к миру общественной жизни. Оно функционирует как один из способов ответа на доступные осознанию, встающие перед конечными человеческими существами проблемы. Наряду с другими решениями исторический подход ведёт к пониманию рациональности как открытой, всегда потенциально подлежащей ревизии в свете изменения ценностей и приоритетов человека” [32, с. 250]. В то же время переключение внимания с объектного полюса системы научного познания на субъектный даёт возможность более детально представить динамику становления субъекта постнеклассической науки, рассматривая его как становящееся коммуникативное сообщество [33], то есть, по существу, в возникающей интересубъективной перспективе. Иными словами, именно в современной постнеклассической науке, ориентированной на конвергенцию естественно-научного и социогуманитарного знания, на их синергичный диалог, возникает новая интересубъективность как своего рода “субъективность второго порядка”. В контексте становления неклассической науки, в фокусе которой находились прежде всего проблемы квантово-релятивистской физики и её интерпретации, это понимание интересубъективности на-

шло своё выражение у Н. Бора [34], связывающего в одно контекстуальное целое экспериментальный контекст наблюдения (измерения) и контекст интерперсональной коммуникации.

Таким образом, применительно к решению проблемы наблюдателя как активного проводника интересубъективной коммуникации, носителя конструктивной функции коммуникативной самореференции и инореференции, вырисовываются две, взаимодополняющие друг друга исследовательские стратегии. Первая связана с построением наблюдателя саморазвивающихся эволюционирующих систем, вторая — с построением наблюдателя сложности. В обоих случаях нам придётся иметь дело с квантово-подобной неопределённостью, контингентностью, контекстуальностью онтологии постнеклассики и, соответственно, с распределённостью, нелокальностью её постнеклассического субъекта—наблюдателя—участника и наблюдателя “второго порядка” как самонаблюдателя сложностного саморазвивающегося мира. Именно такая многокрасочная картина мира, эволюционирующего в направлении роста его онтоэпистемической сложности, открывается перед глазами внимательного читателя работ В.С. Стёпина, читателя, активно заинтересованного в выработке собственного понимания (и признания) той квантово-подобной турбулентной реальности, в начале познания которой мы сейчас только ещё находимся.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фуко М. Слова и вещи. СПб.: А-сэд, 1994.
2. Мамардашвили М.К., Соловьёв Э.Ю., Швырёв В.С. Классическая и современная буржуазная философия (Опыт эпистемологического сопоставления). (Статья первая) // Вопросы философии. 1970. № 12. С. 23–38.
3. Мамардашвили М.К., Соловьёв Э.Ю., Швырёв В.С. Классическая и современная буржуазная философия (Опыт эпистемологического сопоставления). Статья вторая // Вопросы философии. 1971. № 4. С. 58–73.
4. Фуко М. Ницше, Фрейд, Маркс // Кентавр. 1994. № 2. С. 48–56.
5. Мамардашвили М.К., Соловьёв Э.Ю., Швырёв В.С. Классическая и современная буржуазная философия // Мамардашвили М.К. Классический и неклассический идеалы рациональности. М.: Логос, 2004. С. 147–216.
6. Мамардашвили М.К., Соловьёв Э.Ю., Швырёв В.С. Классика и современность // Философия в современном мире. Философия и наука. М.: Наука, 1972. С. 28–94.
7. Мамардашвили М.К. Классический и неклассический идеалы рациональности. М.: Логос, 2004.
8. Лефёвр В. Рефлексия. М.: Когито-Центр, 2003.

9. Щедровицкий Г.П. Рефлексия // Щедровицкий Г.П. Избранные труды. М.: Школа культурной политики, 1995. С. 485–495.
10. McLuhan M., Fiore Q. The Medium is the Massage: An Inventory of Effects. N.Y.: RandomHouse, 1967.
11. Стёпин В.С. Научные революции как “точки” бифуркации в развитии знания // Научные революции в динамике культуры / Ред.-сост. В.С. Стёпин. Минск: Наука и техника, 1987. С. 38–76.
12. Стёпин В.С. Научное познание и ценности технологической цивилизации // Вопросы философии. 1989. № 10. С. 3–18.
13. Стёпин В.С. Становление идеалов и норм постнеклассической науки // Проблемы методологии постнеклассической науки / Отв. ред. Е.А. Мамчур. М.: ИФРАН, 1992. С. 40–48.
14. Стёпин В.С. Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различия // Постнеклассика: философия, наука, культура / Отв. ред. Л.П. Киященко, В.С. Стёпин. СПб.: Издательский дом “Миръ”, 2009. С. 249–295.
15. Стёпин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс–Традиция, 2000.
16. Бурдье П. Практический смысл. М.: Институт экспериментальной социологии; СПб.: Алетейя, 2001.
17. Ильин В.В. Классика–неклассика–неонеклассика // Вестник Московского университета. Серия 7 “Философия”. 1993. № 2. С. 16–34.
18. Бурдье П. О символической власти // Бурдье П. Социология социального пространства. М.: Институт экспериментальной социологии; СПб.: Алетейя, 2007. С. 87–96.
19. Ницше Ф. Воля к власти. Опыт переоценки всех ценностей. М.: Культурная революция, 2005.
20. Кузнецов В.Ю. Взаимосвязь единства мира и единства культуры. М.: Институт общегуманитарных исследований, 2013.
21. Морен Э. Образование в будущем: семь неотложных задач // Синергетическая парадигма: синергетика образования / Отв. ред. В.Г. Буданов. М.: Прогресс–Традиция, 2007. С. 24–96.
22. Мокир Дж. Дары Афины: исторические истоки экономики знаний. М.: Изд-во Института Гайдара, 2012.
23. Полани М. Личностное знание. М.: Прогресс, 1985.
24. Морен Э. Метод. Природа Природы. М.: Канон+, 2013.
25. Nowotny H. The increase of complexity and its reduction: emergent interfaces between the natural sciences, humanities and social sciences // Theory, culture and society. 2005. V. 22. P. 15–31.
26. Луман Н. Социальные системы. СПб.: Наука, 2007.
27. Foerster, H. von. Understanding understanding: essays on cybernetics and cognition. N.Y.: Springer-Verlag, 2003.
28. Налимов В.В. В поисках иных смыслов. М.: Прогресс, 1993.
29. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
30. Аршинов В.И. Синергетика как феномен постнеклассической науки. М.: ИФРАН, 1999.
31. Rossler O.E. Endophysics: the World as Interface. Singapore, New Jersey, London: World Scientific Publishing, 1998.
32. Рокмор Т. Постнеклассическая концепция В.С. Стёпина и эпистемологический конструктивизм // Человек. Наука. Цивилизация (к 70-летию академика В.С. Стёпина) / Отв. ред. В.В. Казютинский. М.: Канон+, 2004. С. 248–260.
33. Апель К.-О. Трансформация философии. М.: Логос, 2001.
34. Бор Н. Квантовая физика и философия // Бор Н. Избранные научные труды. В 2-х томах. Т. II. М.: Наука, 1971. С. 526–532.

**В.Е. Фортов, Ю.М. Батулин, Г. Морфилл, О.Ф. Петров.**  
**Плазменный кристалл. Космические эксперименты.**  
М.: Физматиздат, 2015. 283 с.

© 2016 г. В.И. Оноприенко

Поступила в редакцию 10.12.2015 г.

DOI: 10.7868/S0869587316080090

Авторы книги, о которой здесь пойдёт речь, широко известны в науке, тем не менее есть смысл ещё раз представить их читателям.

Владимир Евгеньевич Фортов — физик, доктор физико-математических наук, академик (1991), 21-й президент Российской академии наук. Его научные работы посвящены физике мощных ударных волн в плотной плазме и экстремальным состояниям вещества. В мировой науке он известен как создатель и руководитель нового научного направления — динамической физики неидеальной плазмы. Широкое признание получили обобщающие труды В.Е. Фортова и его учеников “Неидеальная плазма”, “Сильные ударные волны и экстремальные состояния вещества”, “Ударноволновые явления в конденсированном веществе”, “Ударные адиабаты конденсированного вещества при высоких плотностях энергии”, “Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе”.

Значительный вклад в развитие космической физики внесли работы В.Е. Фортова по созданию научных основ защиты космического аппарата при реализации международного проекта “Вега” по изучению кометы Галлея, моделированию процесса и последствий столкновения кометы Шумейкеров—Леви с Юпитером.

Юрий Михайлович Батулин широко известен прежде всего как космонавт-исследователь, осуществивший два полёта в космос (1998, 2001), как учёный-правовед, внёсший вклад в разработку компьютерного и космического права, в создание ряда федеральных законов, как журналист и публицист. Он, как и В.Е. Фортов, выпускник МФТИ, получивший затем юридическое образование. Десять лет работы в Институте государства и права АН СССР оказались весьма плодотворными. Исследования Ю.М. Батулина в области права во многом носят пионерский характер, его книгой “Проблемы компьютерного права” (1991) инициировано новое направление — правовое обеспечение информатизации с учётом

общемировых тенденций компьютеризации общества.

В 1991 г. началась карьера Ю.М. Батулина как политика и журналиста. Он был помощником Президента России Б.Н. Ельцина по правовым вопросам и по вопросам национальной безопасности, секретарём Совета обороны России, членом Военного совета Военно-космических сил, занимал другие ответственные посты в органах власти. Оставив в 1997 г. политическую деятельность, он приступил к работе в Российском государственном научно-испытательном и исследовательском центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, принимал участие в космических экспериментах с пылевой плазмой.

Многие годы Ю.М. Батулин занимался преподавательской деятельностью в качестве профессора Московского физико-технического института, МГУ им. М.В. Ломоносова, Московского государственного института международных отношений и Дипломатической академии МИД РФ. В течение пяти лет он возглавлял Институт истории науки и техники им. С.И. Вавилова РАН и стал инициатором весьма существенных инноваций в его деятельности.

Грегор Морфилл — профессор-физик, иностранный член РАН, до недавнего времени директор Института внеземной физики Общества Макса Планка (Германия), ныне почётный директор института. Многие годы он занимался физикой пылевой плазмы, стал одним из инициаторов проведения экспериментов с пылевой плазмой сначала на орбитальной станции “Мир”, затем на Международной космической станции. При активном посредничестве Г. Морфилла в Институте внеземной физики в пригороде Мюнхена стажировались многие молодые российские физики. Эксперименты, постановка которых потребовала объединения усилий учёных и инженеров из России и Германии, специалистов разных научных направлений, позволили перевести изучение плазмы на качественно новый, междисциплинарный уровень. Были проведены уникаль-



ные исследования такой “экзотической” формы материи, как плазменные кристаллы, состоящие из “нормальной плазмы” (электронов и ионов) и заряженных микрочастиц. В самом понятии “плазменные кристаллы” заложено противоречие. Ведь плазма — это горячий газ, неупорядоченная форма материи, а кристаллы — регулярно расположенные атомы, наиболее упорядоченная форма материи. Такая экзотика может существовать только в космосе, в условиях микрогравитации.

Проект исследования плазменных кристаллов — совместный проект РАН и Общества Макса Планка, осуществляемый при поддержке космических агентств двух стран. В экспериментах приняли участие более 30 космонавтов. Это самая успешная совместная программа исследований, проводимая на МКС, на всём протяжении которой ею руководят В.Е. Фортов и Г. Морфилл.

Олег Фёдорович Петров — ещё один выпускник МФТИ, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, заведующий Отделением низкотемпературной плазмы Объединённого института высоких температур РАН. Он ведущий специалист в области экспериментального изучения низкотемпературной плазмы с частицами дисперсной фазы (пылевой плазмы), разработки методов её диагностики и использования результатов в энергетике. О.Ф. Петровым выполнен цикл приоритетных экспериментальных исследований структурных, динамических и транспортных свойств пылевой плазмы в лабораторных условиях, в условиях микрогравитации (на орбитальной станции “Мир” и МКС), во внешних полях в широком диапазоне температур и давлений.

В книге этих четырёх авторов рассказывается о научно-исследовательской лаборатории на Международной космической станции. Объединённый институт высоких температур РАН и Институт внеземной физики Общества Макса Планка с 2001 г. проводят совместные исследования по программе “Плазменный кристалл” с выполнением экспериментов на борту российского сегмента МКС. В этой работе активно участвуют космонавты и сотрудники НИИ “Центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина”.

Плазма — самое распространённое состояние вещества в природе. По оценкам, в этом состоянии находится примерно 95% обычной материи во Вселенной. Звёзды — это сгустки плазмы, ионизованного газа с температурой в десятки и сотни миллионов градусов. Свойства плазмы составляют основу многих современных технологий. Плазма излучает свет в электроразрядных лампах, создаёт цветное изображение в плазменных панелях. В плазменных реакторах потоки плазмы используют для производства микросхем,

упрочнения металлов и очистки поверхностей. Плазменные установки перерабатывают отходы и производят энергию. Физика плазмы — активно развивающаяся область науки, в которой совершаются удивительные открытия, наблюдаются необычные явления, требующие объяснения. Одно из интереснейших явлений, обнаруженных недавно в низкотемпературной плазме, — образование *плазменного кристалла*, то есть пространственно-упорядоченной структуры, состоящей из мелкодисперсных частиц — плазменной пыли.

Пылевая плазма представляет собой ионизованный газ, содержащий пылинки — частицы твёрдого вещества. Такая плазма часто встречается в космосе: в планетных кольцах, хвостах комет, межпланетных и межзвёздных облаках. Она обнаружена вблизи искусственных спутников Земли и в пристеночной области термоядерных установок с магнитным удержанием, а также в плазменных реакторах, дугах, разрядах. В лабораторных условиях пылевую плазму впервые получил американец Ирвинг Лэнгмюр ещё в 20-х годах прошлого века. Однако активно изучать её начали лишь в последнее десятилетие. Повышенный интерес к свойствам пылевой плазмы возник с развитием технологий плазменного напыления и травления в микроэлектронике, а также в производстве тонких плёнок и наночастиц. Наличие твёрдых частиц, которые попадают в плазму в результате разрушения электродов и стенок разрядной камеры, не только приводит к загрязнению поверхности полупроводниковых микросхем, но и возмущает плазму, зачастую непредсказуемым образом. Чтобы уменьшить или предотвратить эти негативные явления, необходимо разобраться в том, как идут процессы образования и роста конденсированных частиц в газоразрядной плазме и как плазменные пылинки влияют на свойства разряда.

Размеры пылевых частиц относительно велики — от долей микрона до нескольких десятков, иногда сотен микронов. Их заряд может превышать заряд электронов в сотни и даже в сотни тысяч раз. В результате средняя кулоновская энергия взаимодействия частиц, пропорциональная квадрату заряда, может намного превосходить их среднюю тепловую энергию. Получается плазма, которую называют *сильнонеидеальной*, поскольку её поведение не подчиняется законам идеального газа. (Напомним, что плазму можно рассматривать как идеальный газ, если энергия взаимодействия частиц много меньше их тепловой энергии.)

Теоретические расчёты равновесных свойств пылевой плазмы показали, что при некоторых условиях сильное электростатическое взаимодействие преобладает над низкой тепловой энергией и заставляет заряженные частицы выстраи-

ваться в пространстве определённым образом. Образуется упорядоченная структура, которая получила название кулоновского, или плазменного, кристалла. Плазменные кристаллы подобны пространственным структурам в жидкости или твёрдом теле. Здесь могут происходить фазовые переходы типа плавления и испарения.

Если частицы пылевой плазмы достаточно велики, плазменный кристалл можно наблюдать невооружённым глазом. В ранних экспериментах образование кристаллических структур регистрировали в системе заряженных частиц железа и алюминия микронных размеров, удерживаемых переменным и статическим электрическими полями. В более поздних работах наблюдали кулоновскую кристаллизацию макрочастиц в слабоионизованной плазме высокочастотного разряда при низком давлении.

Были разработаны и изготовлены два комплекта аппаратуры: технологический (он же тренировочный) и полётный. В феврале 2001 г. после испытаний и предполётной подготовки на Байконуре лётный комплект доставили на служебный модуль российского сегмента МКС.

Первый эксперимент с частицами из меламинформальдегида выполнен в 2001 г. Ожидания учёных оправдались: впервые было обнаружено формирование трёхмерных упорядоченных сильнозаряженных частиц микронного размера с большим параметром неидеальности — трёхмерных плазменных кристаллов с гранецентрированной и объёмно-центрированной решётками.

Уникальные свойства плазменных кристаллов (простота получения, наблюдения и контроля за параметрами, а также малое время релаксации к равновесию и отклика на внешние возмущения) делают их прекрасным объектом при исследовании как свойств сильнонеидеальной плазмы, так и фундаментальных свойств кристаллов. Результаты могут быть использованы при моделировании реальных атомарных или молекулярных кристаллов и изучении физических процессов с их участием.

Структуры макрочастиц в плазме — хороший инструмент и для решения прикладных задач в микроэлектронике, включая удаление нежелательных частиц пыли при производстве микросхем, конструирование и синтез нанокристалла и нанокластера при плазменном напылении с сепарацией частиц по размерам, разработку новых высокоэффективных источников света, создание электрических ядерных батарей и лазеров, рабочим телом в которых являются частицы радиоактивного вещества. Прогнозируется появление технологий, которые позволят осуществлять контролируемое осаждение взвешенных в плазме частиц на подложку и тем самым создавать покрытия с особыми свойствами, в том числе пористые

и композитные, а также формировать частицы с многослойным покрытием из материалов с различными свойствами. Обоснованы оригинальные задачи в микробиологии, медицине, экологии. Список возможного применения пылевой плазмы растёт.

Проведение эксперимента в космосе стало нетривиальным вкладом в саму теорию эксперимента. Главное здесь — обеспечить валидность эксперимента, приблизить его к идеальным относительно стабильным условиям. Добиться регулярно воспроизводимого эффекта в условиях МКС чрезвычайно трудно. Поэтому эксперимент, по сути, был многофакторным: исследователь не имел возможности варьировать факторы по отдельности, приходилось применять более тончённую методику, с учётом разных воздействующих на изучаемый объект взаимосвязанных факторов, когда попытка варьировать одну переменную автоматически ведёт к сложному комплексу изменений других факторов.

Обсуждаемая книга насыщена богатым и разноплановым материалом, представляющим интерес для методологов науки и науковедов. Авторы сознательно подчёркивают эту особенность своего труда: «Историки физики и науковеды в нашей книге найдут обширное поле для своих гипотез о лабиринтах мысли и объяснения ряду феноменов научного поиска» (с. 254). Действительно, книга приоткрывает «научную кухню», значимость которой в современной науке усиливается.

Сам стиль описания уникальных экспериментов необычен для работ по физике. Приводятся многочисленные воспоминания участников исследований — теоретиков, экспериментаторов, космонавтов. Из них можно почерпнуть богатый опыт реализации международных проектов, которые получают сейчас всё большее распространение.

Знакомясь с книгой, следует иметь в виду, что она заметно отличается от обычных научных монографий, тем более изданных «Физматиздатом». Руководители проекта В.Е. Фортон и Г. Морфилл отмечают: «В центре внимания этой книги — главным образом человеческий фактор и его роль в процессе научного исследования, мысль учёного со всеми её взлётами и падениями, озарениями и ошибками. Читатель мог проследить за развитием успешного (как, в конце концов, оказалось) исследовательского проекта, на который постоянно влияли и организационные условия, и экономические ограничения, и даже большая политика. Но главная причина успеха — позитивный настрой участников программы, их талант, взаимное доверие, солидарность учёных и специалистов, глубокий интерес к проблеме и желание решить поставленную задачу... Жизнь, совмещённая с работой, научными исследовани-

ями и ремонтом оборудования в условиях невесомости, насыщена проблемами — но и радостями. В таких условиях “вес” человеческого фактора неизмеримо возрастает. За полтора десятилетия мы поняли главное: космонавты — люди особые, и при этом они совершенно обыкновенные люди. Реальная история, рассказанная в этой книге, разворачивается конкретно вокруг исследовательского проекта по плазменным кристаллам, и здесь опять-таки задачей было показать все удаchi и ухабы на пути осуществления подобных амбициозных программ... Наш проект “Плазменный кристалл” — особенный. Космическая его часть началась на орбитальном комплексе “Мир”, его успеху способствовало важнейшее из достигнутых человечеством технических свершений — создание Международной космической станции, с самого начала, с появления первой научной экспериментальной установки для исследования плазменных кристаллов, и если всё пойдёт своим чередом, грядущие поколения лабораторных установок будут работать на МКС до полной выработки их ресурса. А затем, возможно, в составе какой-нибудь иной космической структуры появится и лабораторный модуль по исследованию пылевой плазмы. Есть ли что большее, о чём могут мечтать физики-экспериментаторы, открывшие новое направление исследований?» (с. 254–256).

Особенно интересен, на мой взгляд, материал, посвящённый исследовательскому потенциалу космонавтов, которые оказались не просто техническими исполнителями экспериментов, но вели собственные наблюдения и открыли новые эффекты, существенно расширившие представление о пылевой плазме.

Замечание авторов о том, что в книге говорится о важных для человечества приложениях выполненных в космосе исследований, о том, как очень сложная, недоступная для большинства

фундаментальная физика оказывается практически важной для всех людей, иногда даже жизненно важной, не является преувеличением или данью моде. “Исследование плазмы на Международной космической станции породило десятки новых подходов к изучению структуры и динамики материи — к совершенно удивительным и зачастую абсолютно неожиданным результатам. И, помимо фундаментального расширения нашего понимания физических процессов, уже обнаружилось и прикладное их значение в достаточно далёких областях: в медицине, в сфере гигиены и в сельском хозяйстве. Всё развивается невероятно быстро, но мы ещё не дошли до предела в своих исследованиях — лишь прогулялись по поверхности громадных неизвестных научных залежей” (с. 256). Авторы утверждают, что уникальный эксперимент “Плазменный кристалл” будет иметь своим продолжением выращивание алмазов в космосе, создание ядерных батарей нового типа, получение сверхчистых лекарств. Это, конечно, не ближняя перспектива, но вполне реальная.

Книга написана доступным языком, интересно и занимательно, снабжена огромным количеством прекрасных иллюстраций. Важно, что она позволяет оценить роль международного сотрудничества как в области фундаментальной науки, так и в разработке практических применений научных результатов.

*В.И. ОНОПРИЕНКО,*  
*доктор философских наук,*  
Институт исследований научно-технического  
потенциала и истории науки им. Г.М. Доброва  
НАН Украины  
valonopr@gmail.com

ОФИЦИАЛЬНЫЙ  
ОТДЕЛ

ПРЕЗИДИУМ РАН РЕШИЛ  
(март–апрель 2016 г.)

• На основании постановления Отделения общественных наук РАН от 1 февраля 2016 г. № 6 Президиум РАН постановляет: исключить из Перечня организаций и образовательных организаций высшего образования, в отношении которых РАН осуществляет научно-методическое руководство их научной и научно-технической деятельностью, Некоммерческое партнёрство “Институт социальной экономики” (НП “ИСЭ”) в связи с прекращением его деятельности. Контроль за выполнением постановления возложить на вице-президента РАН академика РАН **В.В. Козлова** и вице-президента РАН академика РАН **Т.Я. Хабриеву**.

• Исключить из списка лиц, которым присвоено звание “профессор РАН”:

по Отделению биологических наук РАН — доктора биологических наук **Г.В. Павлову** (Институт биологии гена РАН);

по Отделению энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН — доктора физико-математических наук **Н.Ю. Лукоянова** (Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН).

• Утвердить Положение о золотой медали за выдающиеся достижения в области пропаганды научных знаний. Контроль за выполнением постановления возложить на главного учёного секретаря Президиума РАН академика РАН **М.А. Пальцева**.

**Положение о золотой медали за выдающиеся достижения в области пропаганды научных знаний**

1. РАН присуждает золотую медаль за выдающиеся достижения в области пропаганды научных знаний в целях поощрения научных работников научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования, вне зависимости от их ведомственной принадлежности.

2. Золотая медаль присуждается от имени РАН Президиумом РАН на основании результатов конкурса, объявляемого в порядке, предусмотренном настоящим Положением.

3. Золотая медаль присуждается один раз в пять лет ко Дню российской науки.

4. Золотая медаль является медалью настольного типа, имеет бронзовый дубликат, который выдаётся одновременно с золотой медалью.

5. Золотая медаль присуждается за выдающиеся работы в области пропаганды научных знаний, объективно освещающие в средствах массовой информации достижения и проблемы российской науки, исторический вклад в мировую науку, имеющие особое значение для позиционирования Российской Федерации в мировом научном пространстве.

6. Право выдвижения кандидатов на соискание золотой медали предоставляется: членам РАН; научным учреждениям; образовательным организациям высшего образования; научным обществам; научным советам РАН; научным, научно-методическим, научно-техническим советам научных и образовательных организаций высшего образования вне зависимости от их ведомственной принадлежности; фондам; государственным корпорациям; институтам развития; средствам массовой информации.

7. О предстоящем конкурсе РАН не позднее, чем за 6 месяцев до срока присуждения золотой медали информирует организации и лиц, перечисленных в п. 6 настоящего Положения.

8. В конкурсном отборе на соискание золотой медали могут участвовать как отдельные лица персонально, так и коллективы авторов.

Посмертное присуждение золотой медали допускается в случае, если автор скончался после представления его работы или серии работ на конкурс или входил в состав авторского коллектива.

9. Конкурсный отбор на соискание золотой медали проводится Экспертной комиссией по присуждению золотой медали за выдающиеся достижения в области пропаганды научных знаний и премии РАН за лучшие работы по популяризации науки, утверждаемой Президиумом РАН сроком на 5 лет, по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утверждённым указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899. По каждому приоритетному направлению Экспертная комиссия определяет номинированную работу. Экспертиза проводится группой экспертов Экспертной комиссии с привлечением экспертов РАН по каждому приоритетному направлению.

Перечень кандидатов на присуждение золотой медали и номинированных работ по каждому приоритетному направлению формируется Экспертной комиссией.

10. Экспертная комиссия правомочна принимать решение, если на заседании присутствует не менее 2/3 списочного состава её членов. Решение Экспертной комиссии по вопросу рекомендации кандидатов для присуждения золотой медали и дипломов по номинациям принимается тайным голосованием и считается принятым, если оно получило простое большинство голосов списочного состава членов комиссии.

11. При представлении коллективных работ Экспертной комиссией выдвигаются лишь ведущие авторы, но не более пяти человек. При присуждении золотой медали коллективу авторов золотая медаль вручается в единственном экземпляре, а дипломы о присвоении золотой медали вручаются каждому лауреату.

12. Экспертная комиссия в своей работе следует общепринятым нормам научной этики и учитывает возможный конфликт интересов её членов.

В случае возникновения конфликта интересов член Экспертной комиссии должен уведомить об этом Экспертную комиссию на первом заседании, посвящённом рассмотрению конкурсных работ на соискание золотой медали.

13. Члены Экспертной комиссии – соискатели золотой медали не имеют права принимать участие в обсуждении и голосовании работ, представленных на соискание золотой медали, они автоматически выбывают из состава Экспертной комиссии до следующего конкурса.

14. Экспертная комиссия представляет в Президиум РАН за 2 недели до даты присуждения: протокол Экспертной комиссии; протокол счётной комиссии при Экспертной комиссии; справку-аннотацию о работах; проект постановления Президиума РАН; мотивированное представление; сведения об авторе (авторах).

15. Докладчиком на заседании Президиума РАН по вопросу присуждения золотой медали является председатель Экспертной комиссии или лицо, его замещающее.

16. Решение Президиума РАН о присуждении золотой медали принимается простым большинством голосов присутствующих на заседании членов Президиума РАН.

17. Лауреатам, удостоенным золотой медали, присваивается звание “Лауреат золотой медали за выдающиеся достижения в области пропаганды научных знаний за ... год”.

18. Лауреатам золотой медали по номинированным работам присваивается звание “Лауреат

золотой медали за выдающиеся достижения в области пропаганды научных знаний в номинации ... за ...год”.

19. Золотая медаль, диплом о присуждении золотой медали, дипломы золотой медали по номинированным работам вручаются в торжественной обстановке в присутствии представителей органов государственной власти, научного сообщества, видных общественных деятелей, представителей бизнес-сообщества, некоммерческих организаций и средств массовой информации.

20. Дубликаты дипломов сдаются на хранение в ФГБУ науки Архив Российской академии наук.

21. Организационное, информационное, документационное обеспечение деятельности Экспертной комиссии, связанное с приёмом, рассмотрением и экспертизой работ, представленных на соискание золотой медали и прилагаемых к ним материалов, осуществляет Центр стратегического планирования развития науки, экспертизы и научного консультирования РАН.

• Утвердить Положение о премии РАН за лучшие работы по популяризации науки.

#### **Положение о премии РАН за лучшие работы по популяризации науки**

1. Премия РАН за лучшие работы по популяризации науки учреждена в целях поощрения научных работников научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования, вне зависимости от их ведомственной принадлежности, журналистов, творческих работников кино, телевидения, радиовещания и выставочного дела.

2. Премия присуждается от имени РАН ежегодно на основании результатов конкурса за лучшие работы или серии работ, популяризирующие научные знания, объективно освещающие в средствах массовой информации достижения и проблемы российской науки, исторический вклад коллективов учёных и отдельных учёных в мировую науку.

Размер премии, присуждаемой в предстоящем календарном году, устанавливается Президиумом РАН ежегодно.

3. Премия присуждается ежегодно в феврале ко дню подписания Петром I Указа о создании Российской академии наук.

4. О предстоящем конкурсе РАН ежегодно, не позднее чем за 6 месяцев до срока присуждения премии, информирует организации и лиц, перечисленных в п. 6 настоящего Положения.

Сообщение о конкурсе публикуется в газете “Поиск” от имени Президиума РАН по представлению Экспертной комиссии по золотой медали



за выдающиеся достижения в области пропаганды научных знаний и премии РАН за лучшие работы по популяризации науки.

5. В конкурсе на соискание премии могут участвовать отдельные лица или коллективы авторов. При представлении коллективных работ выдвигаются лишь ведущие авторы, но не более пяти человек.

Посмертное присуждение премии допускается в случаях, если автор скончался после представления его работы или серии работ на конкурс или если скончавшийся входил в состав авторского коллектива. В этом случае премия вручается наследникам автора в соответствии с законодательством Российской Федерации.

6. Право выдвижения кандидатов на соискание премии предоставляется: членам РАН; научным учреждениям; образовательным организациям высшего образования; научным и научно-техническим обществам; учёным, научным, научно-методическим, научно-техническим советам научных и образовательных организаций высшего образования вне зависимости от их ведомственной принадлежности; фондам, государственным корпорациям; институтам развития; средствам массовой информации.

7. Экспертиза поступивших на конкурс работ проводится группой экспертов Экспертной комиссии.

Состав Экспертной комиссии утверждается Президиумом РАН сроком на 5 лет.

8. Экспертная комиссия в своей работе следует общепринятым нормам научной этики и учитывает возможный конфликт её членов.

В случае возникновения конфликта интересов член Экспертной комиссии должен уведомить об этом Экспертную комиссию на первом заседании, посвящённом рассмотрению конкурсных работ на соискание премии.

9. Члены Экспертной комиссии — соискатели премии не имеют права принимать участие в обсуждении и голосовании работ, представленных на соискание премии, они автоматически выбывают из состава Экспертной комиссии до следующего конкурса.

10. Экспертная комиссия правомочна, если на заседании присутствует не менее 2/3 списочного состава её членов.

Решение Экспертной комиссии по вопросу рекомендации кандидатов для присуждения премии принимается тайным голосованием и считается принятым, если оно получило простое большинство голосов списочного состава членов комиссии.

11. Работы (не более двух), представленные на соискание премии и получившие высокую оцен-

ку, но не рекомендованные Экспертной комиссией к присуждению премии, могут награждаться почётными дипломами Президиума РАН за работы по популяризации науки (получившие наибольшее число голосов) по представлению Экспертной комиссии.

12. Экспертная комиссия представляет Президиуму РАН: проект постановления Президиума РАН, мотивированное представление, справку-аннотацию о работе, протокол заседания Экспертной комиссии, протокол заседания счётной комиссии, сведения об авторе (авторах).

13. Докладчиком на заседании Президиума РАН по вопросу присуждения премии является председатель Экспертной комиссии или член комиссии, его замещающий.

Решение Президиума РАН о присуждении премии считается принятым, если за него проголосовало более половины присутствующих на заседании членов Президиума РАН.

14. Решение Президиума РАН о присуждении премии и почётных дипломов Президиума РАН, а также краткие аннотации публикуются в журнале «Вестник Российской академии наук» и в газете «Поиск», а также на сайте РАН.

15. Лицам, удостоенным премии, предоставляется право при печатании работ указывать «Лауреат премии РАН за лучшие работы по популяризации науки за ... год», а лицам, удостоенным почётных дипломов Президиума РАН, — «Удостоен почётного диплома Президиума РАН за работы по популяризации науки за ... год».

16. Лицам, удостоенным премии и почётного диплома Президиума РАН, выдаются дипломы установленного образца. Дубликаты дипломов сдаются на хранение в ФГБУ науки Архив Российской академии наук.

В случае присуждения премии коллективу авторов диплом вручается каждому из лауреатов, денежное вознаграждение делится поровну.

17. Дипломы о присуждении премии и почётные дипломы Президиума РАН вручаются на заседании Президиума РАН, на которое приглашаются представители органов государственной власти, научного сообщества, видные общественные деятели, представители бизнес-сообщества, некоммерческих организаций и средств массовой информации.

18. Организационное, информационное, документационное обеспечение деятельности Экспертной комиссии, связанное с приёмом, рассмотрением и экспертизой работ, представленных на соискание премии, и прилагаемых к ним материалов, осуществляет Центр стратегического планирования развития науки, экспертизы и научного консультирования РАН.

## • Учредить:

золотую медаль им. П.П. Лукьяненко РАН за выдающиеся работы в области селекции зерновых культур; первым годом присуждения медали установить 2021 г.;

золотую медаль им. Т.С. Мальцева РАН за выдающиеся работы в области почвозащитного земледелия; первым годом присуждения медали установить 2020 г.;

золотую медаль им. А.А. Полякова РАН за выдающиеся работы в области ветеринарной медицины, санитарии, гигиены и экологии; первым годом присуждения медали установить 2019 г.;

золотую медаль им. В.С. Пустовойта РАН за выдающиеся работы в области селекции масличных культур; первым годом присуждения медали установить 2021 г.

## ЮБИЛЕИ

## ПРИВЕТСТВЕННЫЙ АДРЕС АКАДЕМИКУ Н.В. ЗАЙЦЕВОЙ



Нина Владимировна ЗАЙЦЕВА — известный учёный в области изучения закономерностей формирования негативных эффектов со стороны критических органов и систем человека при воздействии внешнесредовых и профессиональных факторов, автор более 850 научных публикаций, в том числе

20 книг и монографий. Под её руководством и при её непосредственном участии выполнены теоретические и прикладные работы в области изучения механизмов и патогенетических особенностей токсико-кинетических и метаболических процессов в организме в условиях модельных и натуральных экспозиций, клинических наблюдений при изолированном и комбинированном воздействии широкого спектра соединений — ароматических углеводов, алифатических аминов, хлорорганических соединений, тяжёлых металлов и др.

Нина Владимировна впервые сформулировала методологические аспекты анализа эволюции риска здоровью, разработала методы её количественной оценки, развила концептуальные основы прогнозирования риска здоровью с использованием эволюционных математических моделей в многоуровневых системах (макро-, мезо- и микроуровня), что позволяет совершенствовать научный инструментарий оценки риска в динамике и расширять библиотеку моделей, параметры которых представляют интерес для мировой науки в этой области знаний.

Н.В. Зайцева — директор ФБУН “Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения”, член учёного совета и бюро Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, эксперт международной рабочей группы по проблемам безопасности потребительских товаров ОЭСР, член президиума правления Всероссийского научного медицинского общества гигиенистов и санитарных врачей, президиума Ассоциации научных и инновационных учреждений и предприятий Пермского края, эксперт Общественной палаты Пермского края, член международных обществ по эпидемиологии окружающей среды (ISEE) и по оценке экспозиции (ISES), заместитель главного редактора журнала “Анализ риска здоровью”, член редколлегии 6 научных журналов. Среди её учеников 20 докторов и 42 кандидата наук.

Н.В. Зайцева — заслуженный деятель науки РФ, лауреат Строгановской премии, премии Академии медико-технических наук им. В.А. Рязанова, награждена медалью Международной академии наук о природе и обществе “За заслуги в деле возрождения науки и экономики России”, серебряными медалями РАЕН и Минздрава России за развитие медицины и здравоохранения, медалью им. С.Ф. Сигаева Федерации космонавтики России, отмечена дипломом Биографического института США как руководитель, внёсший значительный вклад в развитие общества.

**О ПРИСУЖДЕНИИ МЕДАЛЕЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
С ПРЕМИЯМИ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ РОССИИ И ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ РОССИИ  
ПО ИТОГАМ КОНКУРСА 2015 ГОДА  
(ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КОМИССИИ РАН ПО РАБОТЕ С МОЛОДЁЖЬЮ)**

В соответствии с Положением о медалях Российской академии наук с премиями для молодых учёных России и для студентов высших учебных заведений России, утверждённым постановлением Президиума РАН от 24 декабря 2002 г. № 376, а также постановлением Президиума РАН от 23 января 2007 г. № 10 и решениями экспертных комиссий РАН по оценке научных проектов и научных работ молодых учёных и студентов высших учебных заведений Президиум РАН ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Присудить медали Российской академии наук с премиями в размере 50 000 (пятидесяти тысяч) рублей каждая для молодых учёных России по итогам конкурса 2015 г.:

1.1. в области математики — доктору физико-математических наук **Малышеву Дмитрию Сергеевичу** (Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”) за цикл работ “Критические наследственные классы графов”;

1.2. в области общей физики и астрономии — кандидату физико-математических наук **Лисенкову Ивану Викторовичу**, кандидату физико-математических наук **Садовникову Александру Владимировичу** (Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН) за работу “Спиральная динамика в магнетонно-кристаллических и нерегулярных ферромагнитных микро- и наноструктурах” и кандидату физико-математических наук **Алексееву Павлу Сергеевичу** (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН) за цикл работ “Магнетотранспорт и спин-зависимый транспорт в наноструктурах с высокой подвижностью”;

1.3. в области ядерной физики — кандидату физико-математических наук **Климову Павлу Александровичу** (МГУ им. М.В. Ломоносова) за научно-исследовательскую работу “Орбитальные детекторы космических лучей предельно высоких энергий: ТУС, КЛПВЭ, JEM-EUSO”;

1.4. в области физико-технических проблем энергетики — кандидату физико-математических наук **Глушкову Дмитрию Олеговичу** (Национальный исследовательский Томский политехнический университет) за цикл научных работ “Основные элементы теории зажигания твёрдых топлив, полимерных материалов и диспергированных конденсированных веществ при локальном нагреве” и кандидату физико-математических наук **Глебовой Надежде Викторовне** (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН) за цикл работ

“Разработка научно-технологических принципов энергоэффективных электрохимических систем преобразования энергии”;

1.5. в области проблем машиностроения, механики и процессов управления — **Гомоюнову Михаилу Игоревичу** (Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН) за работу “Конструктивные методы решения линейно-выпуклых задач оптимизации гарантии” и кандидату физико-математических наук **Мануйловичу Ивану Сергеевичу** (МГУ им. М.В. Ломоносова) за цикл работ “Математическое моделирование быстропотекающих газодинамических процессов, связанных с распространением скачков уплотнения различной природы”;

1.6. в области информатики, вычислительной техники и автоматизации — кандидату технических наук **Зуеву Александру Валерьевичу**, **Губанкову Антону Сергеевичу**, **Коноплину Александру Юрьевичу** (Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН) за цикл работ “Разработка новых интеллектуальных информационно-управляющих систем для высококачественного и высоконадёжного управления различными мехатронными объектами, предназначенными для автоматического выполнения сложных технологических операций в условиях неопределённости” и **Балака Екатерине Станиславовне**, кандидату технических наук **Тельпухову Дмитрию Владимировичу** (Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН) за научно-исследовательскую работу “Разработка микроэлектронных устройств цифровой обработки сигналов с применением математического аппарата системы остаточных классов”;

1.7. в области общей и технической химии — кандидату химических наук **Чистякову Андрею Валерьевичу** (Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН) за работу “Разработка научных основ гетерогенно-каталитических процессов производства углеводородных компонентов топлив и важных продуктов нефтехимии из биомассы” и кандидату химических наук **Кудашеву Сергею Владимировичу** (Волгоградский государственный технический университет) за цикл работ “Физико-химические принципы разработки рецептур и технологии фторсодержащих композиционных материалов с улучшенным комплексом свойств на основе гетероцепных полимеров”;

1.8. в области физикохимии и технологии неорганических материалов — кандидату технических наук **Насакиной Елене Олеговне, Сергиенко Константину Владимировичу и Баикину Александру Сергеевичу** (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН) за работу “Разработка биосовместимого композиционного материала на основе наноструктурного NiTi для медицинских изделий”;

1.9. в области физико-химической биологии — кандидату биологических наук **Величко Артёму Константиновичу и Петровой Надежде Васильевне** (Институт биологии гена РАН) за цикл работ “Изучение механизмов комплексного ответа клеток человека на тепловой стресс” и кандидату химических наук **Остерману Илье Андреевичу** (МГУ им. М.В. Ломоносова) за цикл работ “Рибосома — мишень для поиска новых антибиотиков”;

1.10. в области общей биологии — кандидату биологических наук **Нижинову Антону Александровичу** (Санкт-Петербургский государственный университет) за цикл работ “Поиск и характеристика новых прионов и амилоидов, а также разработка методов для их идентификации” и кандидату биологических наук **Эрсту Андрею Сергеевичу** (Национальный исследовательский Томский государственный университет) за цикл работ “Филогения и диверсификация семейства Ranimculaceae (ретикулярная эволюция и адаптивная радиация)”;

1.11. в области физиологии — **Богдановой Евдокии Олеговне** (Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова) за работу “Почечная экспрессия белка  $\alpha$ KLOTNO, фактор роста фибробластов 23 и паратиреоидный гормон при экспериментальном моделировании ранних стадий хронического повреждения почек”;

1.12. в области геологии, геофизики, геохимии и горных наук — **Чертковой Надежде Валерьевне** (Институт экспериментальной минералогии РАН) за цикл статей “Высокотемпературная спектроскопия и экспериментальные методы исследования структуры и форм растворения летучих компонентов в модельных магматических расплавах при высоких давлениях”;

1.13. в области океанологии, физики атмосферы и географии — кандидату физико-математических наук **Козлову Игорю Евгеньевичу** (Российский государственный гидрометеорологический университет) за цикл работ “Спутниковая радиолокационная диагностика нелинейных внутренних волн в арктических морях России” и кандидату физико-математических наук **Березиной Елене Викторовне**, кандидату физико-математических наук **Васильевой Анастасии Васильевне** (Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН) за цикл работ “Исследование газового со-

става атмосферы над территорией России по данным комплексного наземного мониторинга, дистанционного зондирования и численного моделирования”;

1.14. в области истории — кандидату исторических наук **Беловой Наталье Андреевне** (Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН) за монографию “Повседневная жизнь учителей” и кандидату исторических наук **Калякиной Александре Викторовне** (Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ) за монографию “Под охраной русского великодушия. Военнопленные Первой мировой войны в Саратовском Поволжье (1914–1922 гг.)”;

1.15. в области философии, социологии, психологии и права — кандидату философских наук **Секацкой Марии Александровне** (Санкт-Петербургский государственный университет) за цикл работ о свободе воли в истории философии и в современной аналитической философии и кандидату юридических наук **Зенину Сергею Сергеевичу** (Московский государственный юридический университет им. О.Е. Кутафина) за цикл научных работ “Публичные слушания в системе народо-властия: теория и практика конституционно-правового регулирования”;

1.16. в области экономики — **Зоидову Зафару Кобилджоновичу, Логиновой Валерии Евгеньевне** (Институт проблем рынка РАН), кандидату экономических наук **Шевченко Ксении Игоревне** (Кубанский государственный университет) за научную работу “Пути формирования интегрированной рыночной инфраструктуры и регулирования производства и товарооборота в рамках ЕАЭС” и кандидату экономических наук **Дёминой Ольге Валерьевне**, кандидату экономических наук **Захарченко Наталье Геннадьевне** (Институт экономических исследований ДВО РАН) за цикл работ “Исследование межотраслевых взаимодействий и траекторий экономического развития Дальнего Востока”;

1.17. в области мировой экономики и международных отношений — кандидату политических наук **Костяеву Сергею Сергеевичу** (Институт научной информации по общественным наукам РАН) за цикл статей “Лоббизм в мировой экономике и международных отношениях”;

1.18. в области литературы и языка — кандидату филологических наук **Сартакову Егору Владимировичу** (МГУ им. М.В. Ломоносова) за монографию “Консервативная идеология в публицистике Гоголя и русской журналистике 1840-х годов”;

1.19. в области разработки или создания приборов, методик, технологий и новой научно-технической продукции научного и прикладного назначения:

1.19.1. кандидату технических наук **Карпухину Евгению Олеговичу** (Центр информационных технологий в проектировании РАН) за работу “Повышение эффективности информационного взаимодействия методом управления доставкой сетевых пакетов на стороне получателя” и кандидату физико-математических наук **Кузнецовой Яне Вениаминовне** (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН) за цикл работ “Разработка локальных электронно-зондовых методик исследования полупроводниковых наноструктур на основе ПП-N соединений”;

1.19.2. **Байрамовой Севде Афгановне, Лосику Денису Владимировичу, Стрельникову Артёму Григорьевичу** (Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения им. академика Е.Н. Мешалкина) за цикл статей “Новые методы профилактики прогрессирования фибрилляции предсердий у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями”<sup>1</sup>.

2. Присудить медали Российской академии наук с премиями в размере 25 000 (двадцати пяти тысяч) рублей каждая для студентов высших учебных заведений по итогам конкурса 2015 г.:

2.1. в области математики – студенту 5 курса факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова **Матвееву Сергею Александровичу** за работу “Быстрые методы решения уравнений агрегации и фрагментации типа уравнений Смолуховского” и студентке 2 курса магистратуры механико-математического факультета Новосибирского национального исследовательского государственного университета **Тараненко Анне Александровне** за работу “Применение и свойства перманентов многомерных матриц”;

2.2. в области общей физики и астрономии – студенту 2 курса магистратуры Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета **Пятнову Максиму Владимировичу** за цикл статей “Спектральные и поляризационные свойства фотонных кристаллов на основе холестерических жидких кристаллов и нанокомпозитов с резонансной дисперсией” и студенту 2 курса магистратуры физического факультета Новосибирского национального исследовательского государственного университета **Соседкину Александру Павловичу** за работу “Исследование плазменного кильватерного ускорения с протонными драйверами в вычислительном эксперименте”;

2.3. в области ядерной физики – студентке 2 курса Института магистратуры Национального исследовательского ядерного университета “МИФИ” **Юриной Екатерине Александровне** за работу “Энерговыделение групп мюонов в черен-

ковском водном детекторе НЕВОД” и студенту 2 курса магистратуры физического факультета Новосибирского национального исследовательского государственного университета **Козыреву Евгению Анатольевичу** за работу “Изучение процессов электрон-позитронной аннигиляции в адроны с детектором КМД-3 на коллайдере ВЭПП-2000”;

2.4. в области физико-технических проблем энергетики – студенту 6 курса факультета проблем физики и энергетики Московского физико-технического института (государственного университета) **Усманову Равилу Анатольевичу** за работу “Исследование вакуумной дуги с диффузной катодной привязкой как источника плазмы для плазменной сепарации ОЯТ и РАО” и студенту 6 курса физического факультета Новосибирского национального исследовательского государственного университета **Роньшину Фёдор Валерьевичу** за цикл работ “Двухфазные течения в коротких прямоугольных горизонтальных микроканалах”;

2.5. в области проблем машиностроения, механики и процессов управления – студентам 2 курса магистратуры Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета **Брагину Александру Дмитриевичу, Розаеву Ивану Андреевичу** за научную работу “Исследование отказоустойчивого электропривода переменного тока” и студенту 6 курса Института металлургии, машиностроения и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого **Оборину Евгению Александровичу** за работу “Теория и методика расчёта плоских пружин при больших деформациях”;

2.6. в области информатики, вычислительной техники и автоматизации – студентке 2 курса магистратуры радиофизического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета **Завьяловой Ксении Владимировне** за научную работу “Трёхмерная радиотомография на основе измерения амплитуды поля” и студентам 5 курса Института кибернетики Национального исследовательского Томского политехнического университета **Старикову Дмитрию Павловичу и Рыбакову Евгению Александровичу** за научно-исследовательскую работу “Акустическая камера для диагностики магистральных насосов”;

2.7. в области общей и технической химии – не присуждать;

2.8. в области физикохимии и технологии неорганических материалов – студенту 1 курса магистратуры Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого **Бакланову Александру Владимировичу** за работу

<sup>1</sup> Постановление Президиума РАН от 16 марта 2010 г. № 58.

“Профилирование атомарно гладкой поверхности твёрдых тел и формирование упорядоченных массивов наноразмерных объектов трибологическими методами”;

2.9. в области физико-химической биологии — студенту 4 курса факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ им. М.В. Ломоносова **Алёшину Василию Алексеевичу** за работу “Молекулярные механизмы некоферментного действия тиамина (витамина В1) в мозге”;

2.10. в области общей биологии — студенту 4 курса Института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова **Спицыну Виталию Михайловичу** за научно-исследовательскую работу “Неизученные аспекты биологического разнообразия: распространение, биология и филогеография наиболее редких видов беспозвоночных животных”;

2.11. в области физиологии — не присуждать;

2.12. в области геологии, геофизики, геохимии и горных наук — студенту 2 курса магистратуры геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова **Лехову Владимиру Алексеевичу** за выпускную магистерскую работу “Фильтрационные и миграционные свойства слабопроницаемых отложений полигона закачки Сибирского химического комбината” и студентке 1 курса магистратуры геолого-геофизического факультета Новосибирского национального исследовательского государственного университета **Касаткиной Екатерине Владимировне** за работу “Seismic structure changes beneath Redoubt Volcano during the 2009 eruption inferred from local earthquake tomography”;

2.13. в области океанологии, физики атмосферы и географии — студентке 2 курса магистратуры Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета **Владимировой Диане Олеговне** за магистерскую диссертацию “Пространственно-временная изменчивость гляцио-климатических характеристик в Индо-океаническом секторе Восточной Антарктиды”;

2.14. в области истории — студентке 4 курса Института истории Санкт-Петербургского государственного университета **Берзон Екатерине Михайловне** за выпускную квалификационную работу “Центральное управление в государстве Селевкидов”;

2.15. в области философии, социологии, психологии и права — студентке 5 курса Юридического института Северо-Кавказского федерального университета **Лихоте Алине Анатольевне** за научную работу “Имущественные права на землю

и другие природные объекты в обычном праве буддийских народов” и студентке 2 курса магистратуры философского факультета Национального исследовательского Томского государственного университета **Гуковой Ангелине Валерьевне** за магистерскую диссертацию “Цинизм как тип рефлексивно-критического мировоззрения”;

2.16. в области экономики — студентке 1 курса магистратуры факультета “Государственное, муниципальное управление и экономика народного хозяйства” Орловского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ **Комаревцевой Ольге Олеговне** за научно-исследовательскую работу “Формирование методики оценки финансово-инвестиционного потенциала как эффективного инструмента управления экономикой муниципального образования” и студентке 4 курса экономического факультета Новосибирского национального исследовательского государственного университета **Каревой Дарье Евгеньевне** за работу “Сценарное прогнозирование российской экономики на основе экспертно-статистического байесовского подхода”;

2.17. в области мировой экономики и международных отношений — студентке 5 курса факультета международных экономических отношений Финансового университета при Правительстве РФ **Алиевой Ирине Зауровне** за выпускную квалификационную работу “Риски и угрозы экономической неокolonизации в условиях развития интеграционных группировок (на примере ЗАЭС и ЦАЭС)”;

2.18. в области литературы и языка — не присуждать;

2.19. в области разработки или создания приборов, методик, технологий и новой научно-технической продукции научного и прикладного значения — студенту 6 курса Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого **Карсееву Антону Юрьевичу** за цикл работ по созданию малогабаритного ЯМР-спектрометра для экспресс-контроля жидких и вязких сред и студенту 4 курса физико-математического факультета Московского государственного областного университета **Курилову Александру Дмитриевичу** за работу “Исследование комплекса физических свойств материалов для электрооптических и оптоэлектронных приборов”.

3. Контроль за выполнением настоящего постановления возложить на Комиссию РАН по работе с молодёжью.



## РОДОСЛОВНОЕ ДРЕВО ГЕНИЯ

© 2016 г. И.И. Судницын

Поступила в редакцию 19.12.2015 г.

DOI: 10.7868/S0869587316080181

Восхождение науки на очередной качественно новый уровень всегда связано с деятельностью выдающихся исследователей, признанных впоследствии гениями. Однако общепризнанного мнения относительно того, в какой мере гениальность является следствием врождённых (унаследованных) качеств человека, а в какой — влияния окружающей социальной среды, до сих пор нет. Генетики склонны считать, что, хотя не каждый человек, имеющий врождённые задатки гениальности, может стать гением (для их реализации необходимы адекватные социальные условия), но и одних лишь социальных условий для этого недостаточно: нужно, чтобы добрые семена упали на соответствующую почву. Выдающийся генетик В.П. Эфроимсон в монографии «Генетика гениальности (биосоциальные механизмы и факторы наивысшей интеллектуальной активности)» изучил биографии сотен всемирно признанных гениальными деятелей науки, культуры, искусства, политики, техники. Среди них — Дарвин, Линней, Больцман, Гёте, Франклин, Фрейд, Фейербах, Шопенгауэр, Сен-Симон, Колумб, Беринг, Лютер, Кальвин, Мор, Жанна д'Арк, Пётр I, Бисмарк, Линкольн, Рузвельт, Черчилль, де Голль, Бетховен, Шуман, Ван Гог, Свифт, Пушкин, Диккенс, Андерсен, Хемингуэй, Гоголь, Писарев, Чаадаев, Одоевский, Веневитинов, Тютчев, Лев и Алексей Толстые, Чуковский. У всех этих выдающихся людей были талантливые предки и сходные наборы наследственных физиологических особенностей. Монография убедительно доказывает, что необходимой предпосылкой зарождения гения являются вполне определённые генетические особенности, жёстко зафиксированные в молекулах ДНК.

К сожалению, В.П. Эфроимсон не упоминает Д.И. Менделеева. В литературе было слишком мало сведений о предках учёного. Известно лишь, что отец его был учителем словесности в гимназиях, а дедушка — священником села Тихомандрицы Вышневолоцкого уезда Тверской губернии. Для восполнения этого досадного пробела были изучены материалы Государственного архива Тверской области и Российского государственного архива древних актов. В результате удалось со-

брать информацию о предках и родственниках великого химика и составить генеалогическую схему.

Самым древним из известных предков Дмитрия Ивановича Менделеева по мужской линии был Иван. Родился он до 1580 г. и был современником Ивана Грозного. Его сын — Иван Иванов — в 1626 г. был священником церкви Покрова Пресвятой Богородицы Покровского Поддубского погоста Тверской половины Бежецкой пятины Новгородского уезда. Погост этот находился на берегу Молдинского озера (сейчас это Удомельский район Тверской области). «Иванов» — не фамилия, а отчество, так как до 1820 г. сельские священники не имели прав ни на наследуемые фамилии, ни на окончание «ич» у отчества. Его сын Карп в 1646 г. был дьячком этой церкви. Дочь Карпа Параскева (1692) (в скобках после имён указан год рождения) стала супругой пономаря этой же церкви Стефана Никитина (1698), и у них родился сын Максим (1724). Он тоже стал пономарём этой церкви, а позднее сделался священником церкви выставки Тихомандрицы Николаевского Удомельского погоста Тверской половины Бежецкой пятины. Священником этой же церкви стал и их внук Павел (1753). Сын Павла — Иван Павлович Менделеев (1783) — отец Дмитрия Ивановича Менделеева. Как и его предки, он тоже обучался в Духовной семинарии, но после окончания учёбы не оказалось свободного места священника, и он поступил в Главный педагогический институт Санкт-Петербурга, готовивший учителей гимназий. Однако для проживания в столице необходимо было иметь паспорт, а чтобы его получить, нужна была постоянная фамилия, а не временные «прозвища», которые тогда давались учащимся семинарий (у Павла Максимова было прозвище Соколов). Поэтому Иван Павлович решил «позаимствовать» фамилию у соседей — помещиков Менделеевых, которые получили эту фамилию от своего предка — профессионального конного воина, приехавшего в Россию из Западной Европы в середине XVII в. для службы в одном из вновь созданных «полков иноземного строя» (драгунском или рейтарском). Имя Мендель означает «миндаль», в Европе часто называ-

ли так мальчиков, родившихся в течение двух недель после Рождества (эта традиция возникла в связи с тем, что миндальное дерево считалось символом генеалогического древа Иисуса Христа).

Таким образом, шесть поколений прямых предков Дмитрия Ивановича Менделеева были, как тогда их называли, “церковнослужителями” и их супругами. Шести поколений духовенства оказалось достаточно для того, чтобы сформировался род, представители которого обладали специфическими интеллектуальными и характерологическими особенностями. По своему социальному положению они существенно отличались и от крепостных крестьян, и от дворян: от крестьян — поскольку были освобождены от крепостной зависимости, а от дворян — поскольку не обладали социальными преимуществами, дарованными “Манифестом о вольности дворянской” 1762 г. Поэтому практически все браки детей церковнослужителей (за редчайшими исключениями) заключались в пределах этой социальной группы. Как правило, они были весьма ограничены в средствах, и родители не имели возможности совершать дальние поездки для поиска своим детям женихов и невест в семьях служителей других погостов. Поэтому в каждой группе сельских погостов почти все церковнослужители были родственниками той или иной степени близости (этому способствовало и то, что до 1820 г. были разрешены браки даже между двоюродными братьями и сёстрами, и они были обычным явлением).

Как же формировались наследуемые интеллектуальные и характерологические особенности церковнослужителей? Из мальчиков, обучавшихся в начальных церковно-приходских школах, около 5% (самых сообразительных, дисциплинированных и доброжелательных) рекомендовались в уездные духовные училища. Из тех, кто их окончил, около 5% (тоже самых способных, дисциплинированных и доброжелательных) рекомендовались в губернские духовные семинарии. После успешного прохождения практики служения в церквях под контролем строгих наставников 60–70% выпускников семинарий (опять-таки самых способных, дисциплинированных и доброжелательных) могли стать священниками. Но это ещё не было гарантией их пожизненного пребывания на почётной должности. Если кто-либо систематически нарушал очень строгие нормы морали, его лишали сана. Таким образом, лишь один мальчик из тысячи мог стать священником. Всё это привело к формированию в России особой социальной группы (более 100 тыс. человек), отличавшейся более высоким уровнем интеллектуальных способностей, профессиональных навыков умственного труда, морали и духовности. Поэтому многие выдающи-

еся российские учёные (М.В. Ломоносов, Д.И. Менделеев, В.В. Докучаев, В.И. Вернадский, И.П. Павлов, А.Н. Туполев) были потомками священнослужителей.

Прямых потомков мужского пола у Дмитрия Ивановича было слишком мало для достоверного проявления этой тенденции, но зато были (и есть до настоящего времени) многочисленные успешные деятели науки среди даже дальних его родственников — потомков священника соседней выставки Перхова Никольского Молдинского погоста Никиты Андреева (1677), который, по всей вероятности, был отцом Стефана Никитина, поскольку других Никит подходящего возраста среди церковнослужителей этого региона не было, а именно между их детьми заключались практически все браки.

В 1712 г. у Никиты Андреева родился сын Гаврила, а в 1734 г. — внук Фёдор Гаврилов (1734), ставший дьячком церкви выставки Перхова. Сын Фёдора Пётр (1761) унаследовал его церковную должность, а сын Фёдора Павел (1785) сделался священником Михайловского Костовского погоста. В 1813 г. у него родилась дочь Екатерина Павловна, ставшая впоследствии супругой Петра Алексеева (1807) — священника Перховского храма. В 1838 г. у них родился сын Павел. Он уже имел постоянную (наследуемую) фамилию — Алексеев. Окончив в 1858 г. курс в Тверской семинарии (с аттестатом 1 разряда), он в 1863 г. стал священником церкви села Зятьково Корчевского уезда Тверской губернии. В 1875 г. у него родилась дочь Маргарита. Она проявила недюжинные способности и обучалась в Царскосельском женском духовном училище, куда принимали только одарённых девочек. Позднее она вышла замуж за священника церкви села Скнятино Тверской губернии Иоанна Никаноровича Судницына, и в 1904 г. у них родился мой отец — Иван Иванович Судницын.

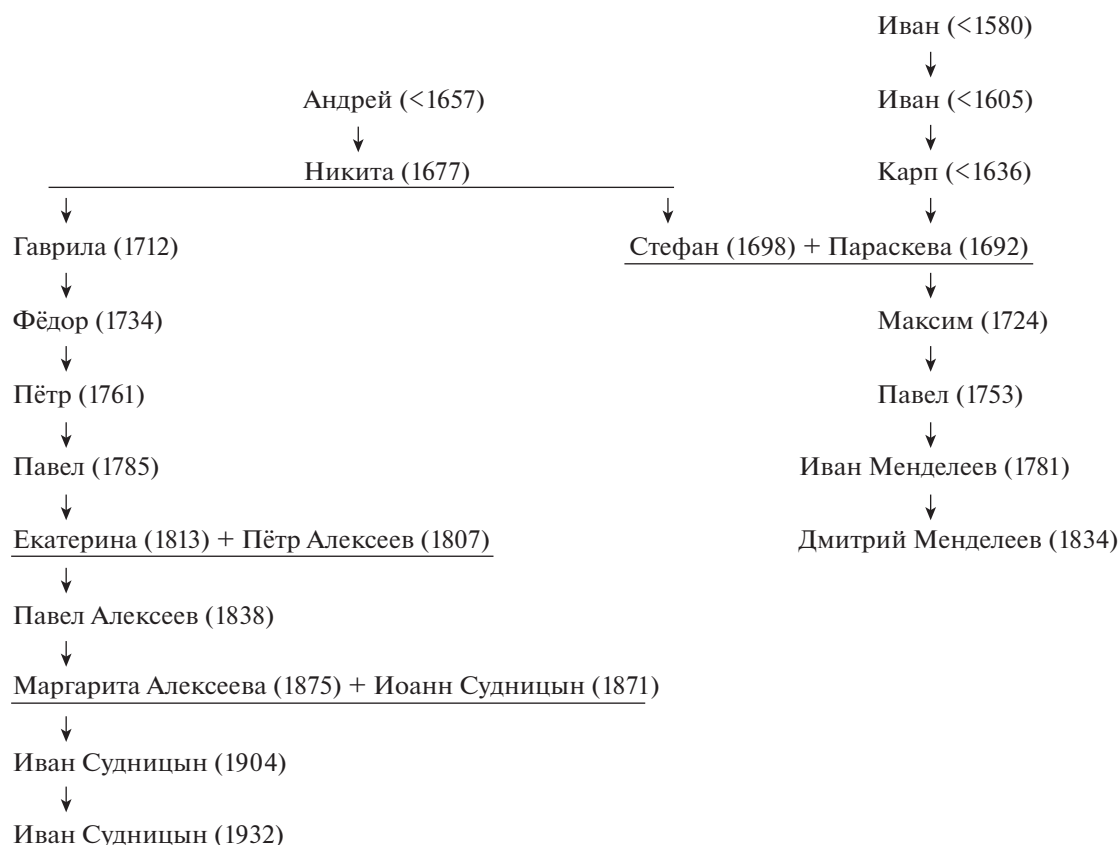
Кроме Маргариты Павловны, у Павла Петровича Алексеева были сыновья Пётр, Николай и Михаил. Внучка Петра Павловича Марина Константиновна Куханова стала доктором биологических наук, профессором и лауреатом Государственной премии РФ. Сын Николая Павловича Павел Николаевич Алексеев — лауреат Сталинской премии в области химии, а его внучка Татьяна Фёдоровна Алексеева — врач, Герой Социалистического Труда; его же внук Николай Павлович Алексеев — профессор, заслуженный деятель искусств РСФСР, а правнук Александр Николаевич Алексеев — профессор. Внук Михаила Павловича Алексеева Георгий Андреевич Алексеев — доктор физико-математических наук, а внучка Вероника Игоревна Васильева — лауреат Государственной премии РФ в области медицины. Внук Маргариты Павловны Иван Иванович Судницын — док-

тор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ и лауреат премии Президента РФ, а её правнучка Елена Викторовна Суркова – доктор медицинских наук.

Всего из почти 100 дальних родственников Дмитрия Ивановича 90 получили высшее образование. Из них 25 учились в МГУ им. М.В. Ломоносова, 26 посвятили свою жизнь науке, 22 стали кандидатами, 4 – докторами наук, 3 – профессорами, 4 – лауреатами Государственных премий.

Столь большой процент успешных деятелей науки среди даже дальних родственников Менделеева свидетельствует о том, что представители этого рода обладают наследственными свойствами, способствующими интеллектуальному труду. У самого же Дмитрия Ивановича эти свойства сконцентрировались до такой высочайшей степени, что даже в условиях трудной жизни и без чьей-либо помощи он совершил выдающийся научный подвиг.

Предки и родственники Д.И. Менделеева  
(генеалогическая схема)



*И.И. СУДНИЦЫН,*  
доктор биологических наук,  
МГУ им. М.В. Ломоносова  
iisud@mail.ru

Сдано в набор 16.05.2016	Подписано к печати 21.06.2016	Дата выхода в свет 25.08.2016	Формат 60 × 88 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
Офсетная печать	Усл. печ. л. 12.0	Усл. кр.-отт. 1.9 тыс.	Уч.-изд. л. 12.0
	Тираж 132 экз.	Зак. 219	Бум. л. 7.0
		Цена свободная	

Свидетельство о регистрации № 0110150 от 04.02.93 г. в Министерстве печати и информации Российской Федерации  
Учредители: Российская академия наук, Президиум РАН

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”, 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90  
Оригинал-макет подготовлен МАИК “Наука/Интерпериодика”  
Отпечатано в ППП «Типография “Наука”», 121099 Москва, Шубинский пер., 6