

РАЗМЫШЛЕНИЯ НАД СТАТЬЕЙ В.В. МЕНШУТКИНА И В.Ф. ЛЕВЧЕНКО «КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ КОЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ И ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА»

Ю.Н. Сергеев, В.П. Кулеш*

Кафедра геоэкологии и природопользования Института наук о Земле
Санкт-Петербургского государственного университета

* Эл. почта: vpkulesh@gmail.com

CONTEMPLATIONS ON THE PAPER AUTHORED BY V.V. MENSHTUKIN AND V.F. LEVCHENKO «A COGNITIVE MODEL OF COEVOLUTION OF THE BIOSPHERE AND THE HUMAN SOCIETY»

Yu.N. Sergeev, V.P. Kulesh

Department of Geoecology and Nature Management, Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University,
Saint Petersburg, Russia

* Email: vpkulesh@gmail.com

В статье [8] с позиций системного анализа принята попытка исследовать эволюцию социосферы со времени появления гоминид на Африканском континенте (около 1,8 млн лет назад) до нашей эры включительно. Эта модель социосферы включает в себя компоненты биотопа, биоценоза, экономики и человечество.

Актуальность затронутой в статье проблематики очевидна. Об этом свидетельствуют многочисленные исследования, посвященные математическому моделированию развития региональных экосистем, биосферы, региональных и глобальных экономических и социально-экономических систем, роста численности населения планеты. Вряд ли уместно приводить здесь обширную библиографию таких работ. Заметим лишь, что в них используется различный математический аппарат: обыкновенные дифференциальные уравнения, имеющие аналитическое решение; системы обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, решаемые численными методами; метод межотраслевого моделирования, известный как «анализ затрат-выпуска продукции»; аппарат вероятностных конечных автоматов; клеточные автоматы; аппарат растущих иерархических сетей; корреляционно-регрессионные модели; модели, использующие метод группового учета аргументов и аппарат теории случайных процессов. Авторы статьи решились расширить этот список. Используя еще не апробированную для ре-

шения глобальных проблем методике, они построили «когнитивную» модель социосферы. Независимо от полученных результатов апробация новой методики для решения прикладной задачи является несомненной заслугой авторов статьи. Сомнение вызывает название статьи.

В толковом словаре русского языка Т.Ф. Ефремовой [4] прилагательное «когнитивный» определяется как «связанный с изучением сознания и мышления». Его синонимы: «познавательный», «умный». В соответствии с этим название статьи можно перефразировать как «Познавательная (умственная) модель биосферы и человеческого общества». Но это уж слишком широкое, неопределенное название. Оно не отражает оригинальное содержание статьи.

В основе широко используемого в науке дедуктивного пути познания лежит *мысленная* априорная посылка, своего рода зарисовка того, как устроена изучаемая исследователем реальность. Этот этап в теории познания обозначается как «создание образа структуры реального мира» [14]. С.В. Альбертин [2] определяет этот же этап как «конструирование научной модели с использованием когнитивного моделирования – *мысленного* создания искусственных систем, которые воссоздают определенные свойства изучаемого объекта». Очевидно, что эти *мысленные* структуры – синонимы. Но мысленная априорная посылка – это еще не реализованная модель системы. Обличенный в математическую форму образ струк-

туры реального мира в теории познания называется априорной моделью системы [14]. Такие модели обычно классифицируют по виду используемого математического аппарата, а также способу описания временной и пространственной переменных [1, 7]. Заметим, что во «Введении» авторы статьи пишут: «Связи между концептами задаются в виде ориентированного графа, а для описания применен аппарат непрерывной логики». Почему бы не использовать эту терминологию в заголовке статьи? Ее можно было бы назвать, например, так: «Опыт применения теории графов и математической логики для моделирования эволюции социосферы». Такое название лучше отражало бы содержание статьи.

Непонятно, чем вызвана замена авторами статьи традиционного понятия системной экологии «компонент модели» на понятие «концепт». Компонентом модели обычно называют наименьшую структурную единицу, еще сохраняющую главное качество исследуемой системы. Если таких структур слишком много, то их объединяют в однородные по смыслу экологические или социально-экономические группы. В Философском энциклопедическом словаре [13] концепт определяется как «акт схватывания смысла вещей (проблемы) в единстве речевого высказывания».

Важным классификационным признаком математических моделей экологических и социально-экономических систем является использующийся в них способ описания пространственной структуры изучаемого объекта. По этому признаку модели подразделяются на непрерывные, резервуарные и точечные [1]. Наиболее привлекательны непрерывные модели, отражающие территориальную и хронологическую дифференциацию природных и социально-экономических комплексов. Такие модели обычно базируются на идеях, развитых в теории сплошной среды, а точнее – в тех разделах этой теории, которые посвящены изучению многокомпонентных неконсервативных примесей. Непрерывные модели часто оказываются слишком сложными для реализации. Применяя операцию осреднения по пространственным координатам, переходят к резервуарным моделям. В них хронологическая дифференциация каждой из компонент сохраняется в непрерывном виде, а пространственная – в дискретной форме. В предельном случае, в предположении пространственной однородности компонент, модели переходят в класс точечных. Обсуждаемая когнитивная модель социосферы, на первый взгляд, может быть отнесена к классу резервуарных моделей. Но в ней не используется астрономическое время. Шаг условного времени не определен. Он может быть принят каким угодно: час, месяц, год, век. Поэтому не определен временной интервал моделирования. Не ясно, на каком шаге условного времени следует прервать решение задачи. Этих модельных

неурядиц можно частично избежать, если отождествлять последовательность шагов условного времени с последовательностью *состояний системы*. Преимущество такого подхода обсудим далее.

При реализации резервуарных моделей возникает проблема параметризации процессов экологического и социально-экономического метаболизма. Строго говоря, число процессов, подлежащих параметризации, равно произведению числа резервуаров на число компонент в каждом из них. Выход из этого затруднительного положения связан с использованием философской категории «общее и отдельное». Составляющие этой категории не только отличны одно от другого, но и неразрывно связаны. Наличие в отдельном общего, в качестве одной из главных его сторон, показывает, что отдельное в некотором смысле и есть общее. Использование этой категории позволяет обосновать гипотезу о том, что на ограниченных временных интервалах параметры процессов экологического и социально-экономического метаболизма во всех резервуарах тождественны. Такой подход, применительно к водным экосистемам, подробно рассматривается в книге [11]. В когнитивной модели социосферы он используется на «временном» интервале, соизмеримом с развитием рода *Homo* (около 1,8 млн лет). Это слишком большой временной интервал. Дело в том, что в каждом узле (резервуаре) графа расселения человечества (рис. 1 статьи) используется один и тот же ориентированный граф (рис. 2 статьи), отражающий взаимозависимости между компонентами социосферы. Но наука и техника, производство и загрязнения в мезолите отсутствовали. Они появились в неолите и развились в нашей эре. Поэтому результаты когнитивного моделирования можно рассматривать только как первое приближение к действительности.

Обратимся вновь к идее замены условного времени в когнитивной модели на последовательность состояний. Она представляется продуктивной потому, что позволяет модифицировать *точечную* модель социосферы и использовать ее для изучения временной изменчивости компонент в неолите и нашей эре в астрономическом времени. Возможна также модификация *резервуарной* когнитивной модели крупного региона социосферы, например, Северной, Центральной и Южной Америки, для которых в неолите начальные условия для компонент модели очевидны. Рассмотрим такие модификации.

Время в «традиционном» естествознании и время в истории не тождественны. В естественных науках обычно используется «абсолютное» астрономическое время, которое воспринимается как внешний фактор. Такое понимание времен принято, например, в механике Ньютона. В общей теории относительности Эйнштейна течение времени уже зависит от состояния Вселенной, от ускорений расходящихся галактик

и поля тяготения в системе гравитирующих тел. С общей теорией относительности связано релятивистское замедление времени. Это кинематический эффект, заключающийся в том, что в движущемся теле все физические процессы происходят медленнее, чем следовало бы для неподвижного тела по отсчетам времени в неподвижной системе отсчета. Нечто похожее происходит и с историческим временем, но здесь причинно-следственная связь другая. Историческое время определяется длительностью **состояний**, в которых последовательно пребывает социосфера.

В работах [16, 17] показано, что численность населения планеты, по крайней мере с начала неолита до 1978 г., изменялась по гиперболическому закону с выходом в 2026 или 2025 г. на сингулярность (бесконечно большую численность населения). Историк И.М. Дьяконов впервые обратил внимание на то, что в историческом процессе, протекающем в неолите и нашей эре, отчетливо выделяются фазы, продолжительность которых сокращается по закону прогрессии. Он пишет: «Нет сомнения, что исторический процесс являет признаки закономерного экспоненциального ускорения. От появления *Homo sapiens* до конца первой фазы прошло не менее 30 тысяч лет, II фаза длилась около 7 тысяч лет, III фаза – около 2 тысяч лет, IV фаза – около 1,5 тысячи лет, V фаза – около тысячи лет, VI фаза – около 300 лет, VII фаза – немногим более 100 лет, продолжительность VIII фазы пока опре-

делить невозможно. Нанесенные на график эти фазы складываются в экспоненциальное развитие, которое предполагает в конце концов переход к вертикальной линии или, вернее, к точке так называемой сингулярности. По экспоненциальному же графику развиваются научно-технические достижения человечества, а также, как упомянуто, численность населения» [3].

С.П. Капица [5] построил феноменологическую теорию эволюции социосферы на основе сформулированного им обыкновенного дифференциального уравнения для численности населения Земли. Он, так же как И.М. Дьяконов, выделяет фазы развития исторического процесса и доказывает, что вместо феномена сингулярности должен состояться «демографический переход», соответствующий теории Ф.У. Ноутстайна [18] и современным прогнозам экспертов ООН по численности населения [9]. Заключительной фазой исторического процесса должна быть стабилизация численности населения на уровне 11–12 млн к 2100 г. С.П. Капица полагает, что «именно численность населения единственным образом выражает состояние человечества в любой момент со времени его появления. Как раз численность населения выражает суммарный результат всей экономической, социальной и культурной деятельности, составляющей историю человечества. Все остальное, что характеризует людей: расовый и национальный состав, плотность распределения на Земле, концентрация в городах, развитие

Табл. 1

Данные по гармоническим циклам, численности населения Земли, периодизации И.М. Дьяконова, С.П. Капицы и теоретической от неолита до 1978 г. [10]. Знаком «←» обозначено время до нашей эры

Время начала цикла (год)	-9100	-3550	-760	630	1325	1674	1848	1934	1978
Численность населения Земли	2 ²⁴	2 ²⁵	2 ²⁶	2 ²⁷	2 ²⁸	2 ²⁹	2 ³⁰	2 ³¹	2 ³²
Число циклов до сингулярности Дьяконова	256	128	64	32	16	8	4	2	1
Номер исторического периода	1	2	3	4	5	6	7	8	
Длительность периода в циклах	128	64	32	16	8	4	2	1	
Начало и конец периода (теория)	-9100 -3550	-3550 -760	-760 -630	-630 1325	1325 1674	1674 1848	1848 1934	1934 1978	1978 ???
Этап становления ноосферы	Неолит	Первые цивилизации	Философия	Этика	Эстетика	Наука	Техника	Технология	
Фаза	2	3	4	5		6	7	8	
Начало и конец периода (по Дьяконову)	-10000 -3000	-3000 -1000	-1000 540	540 1540		1540 1840	1840 1950	1952 ???	
Период	6		7	8		9	10	11	
Начало и конец периода (по Капице)	-9000 -2000		-2000 500	500 1500		1500 1840	1840 1965	1965 2007	

производительных сил и наличие ресурсов, распределение доходов, состояние культуры и образования, множество других характеристик, – подчинены главной переменной – общей численности населения планеты» [6].

А.В. Молчанов рассматривает эволюцию социосферы на основе построенной им «теории сети сознания». Он обобщил результаты исследований Н. Форстера, С. Хорнера, И.М. Дьяконова, С.П. Капицы и собственной теории (табл. 1).

Результаты обобщения А.В. Молчанов сформулировал следующим образом: «Отсчет исторического времени ведется от момента начала неолита – согласно теории 9100 лет до н. э. (плюс-минус 250 лет). Знаменатель прогрессии равен 1/2. Длительность первого исторического периода равна половине времени от начала неолита до сингулярности Дьяконова: $(2022 + 9100)/2 = 5560$ лет. Каждый последующий период в два раза короче предыдущего, а численность населения Земли в момент его завершения удваивается. Всего периодов восемь, и ход всемирной истории можно рассматривать как последовательность из восьми шагов по оси времени, в которой каждый последующий шаг в два раза короче предыдущего» [10]. Назовем это обобщение *правилом Молчанова*.

Для привязки последовательности состояний, полученной в результате реализации когнитивной модели, к оси астрономического времени необходимо иметь два реперных состояния. Для них временная привязка должна быть известна априори. Реперами служат состояния, относящиеся к моменту начала неолита и времени выхода модельной кривой численности населения планеты или (и) кривой научно-технического прогресса на плато, то есть на стационарный режим. Последовательность состояний, заключенная между реперами, градуируется в соответствии с *правилом Молчанова* на фазы исторического времени. Состояния, выходящие за пределы исторического времени,

не рассматриваются. Согласно теории сети сознания, они могут быть отнесены к эре формирования нового человека *Post Homo sapiens*. В результате реализации предложенной модификации когнитивной модели получаем временную привязку модельных компонент, а также гиперболический рост численности населения и научно-технического прогресса в эпоху неолита и в наше время.

Заметим, что мы не являемся приверженцами теории Ф.У. Ноутстайна, С.П. Капицы, А.В. Молчанова и прогнозов численности населения, даваемых экспертами ООН, а придерживаемся ресурсной и биосферной концепций эволюции социосферы [12]. Нам близка точка зрения И.М. Дьяконова, согласно которой «продолжительность VIII фазы исторического процесса пока определить невозможно». Вообще говоря, за фазой VIII может последовать фаза IX и другие.

Непременным условием проверки адекватности модели системе-оригиналу является выдвижение гипотез, которые могут быть проверены по имеющимся натурным данным или на основании логики событий. Чем больше гипотез оправдывается, тем большее доверие заслуживает модель. В табл. 3, 4, на рис. 5 статьи и комментариях к ним приводятся и обсуждаются результаты реализации когнитивной модели социосферы. Многие из них могут рассматриваться в качестве оправдавшихся гипотез, хорошо согласующихся с имеющимися представлениями о взаимосвязи компонент системы в реальном мире.

Резюмируя наши размышления над статьей, отметим, что в ней подводятся итоги оригинального и полезного исследования, заслуженно опубликованного в журнале «Биосфера». Здесь уместно привести слова президента США Франклина Д. Рузвельта: «Научный прогресс на широком фронте является результатом свободного действия свободных умов, выбирающих в познании неизвестного свои пути, диктуемые любознательностью» (цитируется по [15]).

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Айзатуллин ТА, Шамардина ИИ. Математическое моделирование экосистем континентальных водоемов и водотоков. Итоги науки и техники. Общая экология, биоценология, гидробиология. 1980;(5):154-228.
2. Альбертин СВ. Когнитивное моделирование как способ научного познания и творчества. Гуманистические научные исследования. 2016;(8):220-8.
3. Дьяконов ИМ. Пути истории. От древнего человека до наших дней. М.: Восточная литература; 1994.
4. Ефремова ЕФ. Новый словарь русского языка. М.: Русский язык; 2000.
5. Капица СП. Феноменологическая теория роста населения Земли. Усп физ наук. 1996;166(1): 63-80.
6. Капица СП. Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. Очерк теории роста чело-

- вечества. М.: Международная программа образования; 1999.
7. Меншуткин ВВ. Искусство моделирования. Петрозаводск; Санкт-Петербург: Карельский научный центр РАН; 2010.
 8. Меншуткин ВВ, Левченко ВФ. Когнитивная модель коэволюции биосферы и человеческого общества. *Биосфера*. 2019;11(1):27-39.
 9. Мировая демографическая ситуация 2014. Краткий доклад ООН. Нью-Йорк; 2014.
 10. Молчанов АВ. Развитие теории С.П. Капицы. Гипотеза сети сознания. <https://oko-planet.su/science/scienceclassic/page5.3371-a.v.molchanov-rasvitie-teorii-s.p.-kapisi.html>
 11. Сергеев ЮН, Сулин Лю. Модели водных экосистем. Имитации антропогенного эвтрофирования водоемов. СПб.: ГеоГраф; 2005.
 12. Сергеев ЮН, Кулеш ВП. Проблемы циклического и стационарного развития цивилизации в глобальных моделях. *Биосфера*. 2017;9(1):13-47.
 13. Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия; 1983.
 14. Харвей Д. Научное объяснение в географии. М.: Прогресс; 1974.
 15. Чурилов ЛП, Бубнова НА, Варзин СА, Матвеев ВВ, Пискун ОЕ, Шишкин АН, Эрман МВ, Голубев АГ. Ученые и наукометрия: в поисках оптимума для России. 2017;9(1):1-12.
 5. Kapitsa SP. [Phenomenological theory of population growth]. *Usp Fiz Nauk*. 1996;116(1):63-80. (In Russ.)
 6. Kapitsa SP. Skolko Lyudey Zhivet, Zhivet, i Budet Zhit na Zemle. Ocherk Teorii Rosta Chelovechestva. [How Many People Lived, Live and Will Live on the Earth. Essay on the Theory of the Growth of Humanity]. Moscow: Mezhdunarodnaya Programma Obrazovaniya; 1999. (In Russ.)
 7. Menshutkin VV. *Iskusstvo Modelirovaniya*. [The Art of Modeling]. Petrozavodsk, Saint Petersburg: Korelskiy Nauchnyy Tsentri RAN; 2010. (In Russ.)
 8. Menshutkin VV, Levchenko VF. [A cognitive model of coevolution of the biosphere and the human society]. *Biosfera*. 2019;11(1):27-39. (In Russ.)
 9. Concise Report on the World Population Situation in 2014. New-York; 2014. (In Russ.)
 10. Malchanov AV. Razvitiye Teorii S.P. Kapitsy. Gipoteza Seti Soznaniya. [Network Hypothesis of Consciousness]. <https://oko-planet.su/science/scienceclassic/3371-a.v.-molchanov-razvitie-teorii-s.p.-kapicy.html> (In Russ.)
 11. Sergeev YuN, Sulin Lyu. Modeli Vodnykh Ekosistem. Imitatsii Antropogennogo Evtrofirovaniya Vodoyemov. [Models of Aquatic Ecosystems. Simulating the Anthropogenic Eutrophication of Reservoirs]. Saint Petersburg: GeoGraf; 2005. (In Russ.)
 12. Sergeev YuN, Kultsh VP. [Cyclic and stationary models of the development of civilization in global models]. *Biosfera*. 2017; 9(1):13-47. (In Russ.)
 13. Filosofskiy Entsiklopedicheskiy Slovar. [Philosophic Encyclopedic Dictionary]. Moscow: Sovetskaya Entsiklopediya; 1983. (In Russ.)
 14. Harvey D. Explanation in Geography. London; 1969.
 15. Churilov LP, Bubnova NA, Varzin SA, Matveyev VV, Piskun OE, Shishkin AN, Erman MV, Golubev AG. [Scholars and scientometrics: searching for an optimum in Russia]. 2017; 9(1):1-12. (In Russ.)
 16. Hoerner SJ. Population Explosion and Interstellar Expansion. *J Brit Interplanetary Soc*. 1975;28:691-712.
 17. Forster H, Mora P, Amiot L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science*. 1960;132:1291-5.
 18. Notestein FY. Economic Problems of Population Change. <http://prelim2009.filmbulletin.org/readings/04-Population/Notestein.pdf>
- Общий список литературы/Reference List**
1. Ayzatullin TA, Shamardina II. [Mathematical modeling of ecosystems of continental waters and watercourses]. *Itogi Nauki i Tekhniki Obshchaya Ekologiya Biotsenologiya Gidrobiologiya*. 1980;(5):154-228. (In Russ.)
 2. Albertin SV. [Cognitive modeling as a way of scientific knowledge and creativity]. *Gumanisticheskiye Nauchnye Issledovaniya*. 2016;(8):220-8. (In Russ.)
 3. Dyakanov IM. Puti Istorii. Ot Dreynego Cheloveka do Nashikh Dney. [The Paths of History. From the Ancient Human to the Present Days]. Moscow: Vostochnaya Literatura; 1994. (In Russ.)
 4. Yefremova YeF. Noviy Slovar Russkogo Yazyka. [A New Dictionary of Russian Language]. Moscow: Russkiy Yazyk; 2000. (In Russ.)

**Ответ авторов статьи
«Когнитивная модель коэволюции
биосферы и человеческого
общества»
на комментарий Ю.Н. Сергеева
и В.П. Кулеша**

**Author's response to commentary by Yu.N. Sergeyev and V.P. Kulesh on the article
“A cognitive model of coevolution of the biosphere and the human society”**

Авторы признательны профессору Ю.Н. Сергееву и доценту В.П. Кулешу за внимание к нашим работам по моделированию эволюции антропосферы [1] и [2], конструктивную критику и изложение собственного видения рассматриваемой проблемы. Особую ценность представляет сводная таблица датировки и периодичности процесса роста численности населения Земли по данным различных авторов. Заметим, что основу почти всех упомянутых моделей составляют системы дифференциальных уравнений, то есть рассматривается детерминированный процесс изменения состояния сложной системы.

Однако процесс эволюции антропосферы представляет собой композицию, по крайней мере, двух эволюционных процессов – биологической эволюции в биосфере и социально-экономической в человеческом обществе. Первый процесс, описываемый в рамках дарвиновской теории [3], заведомо имеет вероятностный характер. Второй также не свободен от стохастич-

ческой составляющей [4, 5]. Вероятностный подход к моделированию эволюции антропосферы важен еще и потому, что освобождает от иллюзии возможности точного предсказания результатов изменений на длительные сроки. Перспективными представляются предложения В.В. Налимова [6] о байесовском подходе к описанию эволюционного процесса. При этом априорная вероятность приписывается потенциальным возможностям системы, условная вероятность – воздействию среды, а результат эволюции достигается с апостериорной вероятностью.

Другим существенным моментом в создании моделей эволюции антропосферы является гетерогенность объекта моделирования. Если изменчивость природных условий по поверхности Земли не требует специальных доказательств, и они легко могут быть учтены, то причины неоднородности протекания демографических, экономических и социальных процессов не всегда понятны, хотя не менее существенны. Тем не менее, весь пафос теории этногенеза Л.Н. Гумилева [7] заключается именно во влиянии географического фактора.

Многолетняя практика исследований рассматриваемой проблемы в лаборатории моделирования эволюции института эволюционной физиологии и биохимии РАН базируется как раз на вероятностном и гетерогенном подходах [1, 2, 8–10]. При этом опробован не только математический аппарат вероятностных клеточных автоматов, но и агент-ориентированный подход к моделированию сложных систем, когнитивное моделирование и аппарат нечеткой или размытой логики [1, 2, 9, 10].

Литература

1. Меншуткин ВВ, Левченко ВФ. Модель антропосферы с использованием клеточных автоматов подтверждает необходимость развития экологического воспитания для обеспечения устойчивого развития. Биосфера. 2017;9:275-85.
2. Меншуткин ВВ, Левченко ВФ. Когнитивная модель коэволюции биосферы и человеческого общества. Биосфера. 2019;11:27-39.
3. Медников БМ. Аксиомы биологии. М.: Знание; 1983.
4. Меншуткин ВВ. Эссе об эволюции сложных систем (с лирическими отступлениями). Петрозаводск; 2012.
5. Нельсон Р, Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Дело; 2002.
6. Налимов ВВ. Спонтанность сознания. Вероятностная теория смыслов и смысловая архитектура личности. М.: Наука; 1989.
7. Гумилев ЛН. Этногенез и биосфера Земли. Л.: Гидрометиздат; 1990.
8. Яблоков АВ, Левченко ВФ, Керженцев АС. Очерки биосферологии. СПб. Свое издательство; 2018. 150 с.
9. Левченко ВФ, Меншуткин ВВ. Попытка компьютерного моделирования эволюции человеческого общества. Журн эвол биох физиол. 2009;45:251-61.
10. Levchenko VF, Menshutkin VV. Computer simulation of evolution: Genetic and “memetic” ways. Int J Comput Anticipat Syst. 2007;18:86-101.

В.В. Меншуткин, главный научный сотрудник ИЭФиБ РАН

В.Ф. Левченко, зав. лабораторией моделирования эволюции, главный научный сотрудник ИЭФиБ РАН