



## **Владимир Иванович Вернадский — ученик, ученый, учитель**

Учение о ноосфере в свете современных представлений об информации

**Смулов Андрей  
Валерьевич** —  
профессор кафедры общей  
экологии биологического  
факультета МГУ  
им. М.В. Ломоносова, д.б.н.

**А**нализируя творческий путь В.И. Вернадского, можно утверждать, что именно полноценная реализация триады ученик — ученый — учитель в лице этого гениального естествоиспытателя и философа стала предпосылкой столь пристального внимания к его научному наследию и прежде всего к учению о биосфере и ноосфере.

В отрочестве — хорошее воспитание и образование, общение с детских лет в семейном кругу с талантливыми педагогами, знакомыми и коллегами отца, профессора И.В. Вернадского, разносторонние интересы: музыка, литература, поэзия, языки, чтение книг о путешествиях и научных открытиях.

В более зрелом возрасте учителя В.И. Вернадского — выдающиеся ученые Василий Васильевич Докучаев, Дмитрий Иванович Менделеев и другие не менее заметные отечественные и зарубежные фигуры того времени.

Сам став учителем, В.И. Вернадский значительную часть жизни посвятил передаче накопленных знаний своим ученикам, среди которых следует упомянуть прежде всего Александра Павловича Виноградова — впоследствии академика, Героя Социалистического Труда, директора Института геохимии

и аналитической химии им. В.И. Вернадского. Будучи ученым с мировым именем, В.И. Вернадский писал: «В народном образовании заинтересовано государство, семья, человеческая личность, общественные организации. С ним связаны теснейшим образом такие великие творения духовной жизни человечества, как наука, философская мысль, религия, художественное творчество» (*Вернадский В.И. О русской интеллигенции и образовании. М.: Издательский Дом Шалвы Амонашвили, 2001. С. 107–110*).

Очень важно отметить, что через всю жизнь и через все труды В.И. Вернадского красной нитью проходит мысль о значении человеческой творческой мысли, человеческого гения. Гений Владимира Ивановича Вернадского, опередив свое время, нашел отражение во многих самых современных научных направлениях. Как уже отмечалось выше, одним из главных и чрезвычайно актуальных сегодня обобщений В.И. Вернадского является его учение о биосфере (В.И. Вернадский, 2001) и переходе ее в сферу знаний — ноосферу. Главной силой, способной обеспечить переход биосферы в ноосферу, В.И. Вернадский считал научную мысль, которая в отличие от философских и религиозных течений, лишь разъединяющих людей, может объединить человечество.

В работе «Научная мысль как планетное явление», которая была опубликована только через несколько десятилетий после смерти великого ученого, Владимир Иванович писал: «к началу XX в. появилась в ясной реальной форме возможная для создания единства человечества сила — научная мысль, переживающая небывалый взрыв творчества. Это — сила геологического характера,

подготовленная миллиардами лет истории жизни в биосфере» (цит. по: *Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М., 1988. С. 69*).

В окончательном виде учение В.И. Вернадского о ноосфере сформировалось уже в конце его жизни. Интересно, что термин «ноосфера», как и термин «биосфера», предложил не сам В.И. Вернадский. Термин «ноосфера» в 1927 г. предложили французские ученые Э. Леруа и П. Тейяр де Шарден, чтобы обозначить современную стадию, переживаемую биосферой. Философ и теолог Тейяр де Шарден был также крупнейшим (по определению В.И. Вернадского) геологом и палеонтологом; математик и философ Леруа слушал лекции В.И. Вернадского в Сорбонне в 1922–1923 гг., проникся его учением о биосфере и в 1927 г. термин «ноосфера» впервые использовал уже в своих лекциях в Коллеж де Франс в Париже. В.И. Вернадский в те годы неоднократно приезжал в Париж, общался с Леруа, но в работах того периода этот термин не употреблял.

Следует заметить, что в процессе чтения трудов В.И. Вернадского может возникнуть ощущение, что он не генерирует новых идей, а лишь развивает и объясняет идеи, высказанные его предшественниками. Это ощущение возникает в связи с тем, что в своих работах В.И. Вернадский предваряет собственные мысли тщательным научным поиском, анализом мыслей и идей всех, кто работал до него по этой теме, обязательно перечисляя их имена. Такой подход — образец научной этики, истинно научного творчества.

В этой связи немного подробнее остановимся на триаде ученик — уче-

ный — учитель, вынесенной в заголовок настоящей статьи, и рассмотрим, что же представляет собой научная мысль, по В.И. Вернадскому. Он полагал, что научная мысль, как весь арсенал (информационная база) знаний, накопленный человечеством, «подготовленный миллиардами лет истории жизни в биосфере», — это сила геологического характера.

Накопление и передача знаний — наука и образование. Получение знаний — ученичество. Поиск и создание новых знаний — научная (исследовательская) работа. Учительство (обучение учеников) — передача (трансляция) знаний, сохранение их во времени (в цепочке поколений) и обеспечение процесса получения новых знаний. Эта циклическая цепочка в обществе (и триединство в каждом индивидууме) сложилась и не прерывается с момента возникновения мозга в животной ветви живого вещества. Особое значение она приобрела в процессе становления человека разумного (*homo sapiens*). В обществе она работает везде: в его элементарной ячейке — семье, в школах, университетах, в политике, экономике и даже в обыденной жизни. Ученик — это тот, кто чего-то не знает, но хочет узнать, или принудительно («из-под палки»), либо случайно (жизнь научит) что-то узнает. Ученый — это тот, кто уже что-то знает и на основе этих знаний *сознательно* ищет и собирает (продолжает учиться) интересные, с его точки зрения, уже известные (записанные в мозгу или на ином носителе) знания и на основе этих знаний *сознательно* создает (пытается создать) новые знания. Учитель — это носитель знаний (как правило, структурированных), информационный ис-

точник и помощник (наставник, а иногда ментор) для учеников. Конечно, это очень общее представление о процессе накопления знаний (информации), но этот процесс осуществляется во всем «живом веществе» и является отличительной особенностью и движущей силой эволюции живого вещества. В биологических объектах это запись (полезной, обеспечившей конкурентные преимущества и выживание чему-то научившегося биообъекта) накапливаемой информации в ДНК, РНК и других биохимических и биофизических кодах. В какой-то мере такая информация структурирована и на этом уровне, но данная информационная база создавалась природой по принципу сохранения того, что обеспечило выживание, эволюцию и продвижение живого вещества в условиях, когда выживание обеспечивалось в основном биологическими особенностями (способностью к адаптации). Действовал принцип: жизнь (окружающая среда) научит. Уже на ранних стадиях эволюции живого вещества (это показано в экспериментах с инфузориями) появилась способность брать не числом, а уменьем, способность к обучению. В первую очередь такая адаптация (способность к обучению) получила развитие в животной ветви живого вещества. Возникновение нервной системы, а в процессе эволюции и головного мозга именно животным дало принципиально новые возможности для обучения, хранения и передачи информации. Именно на этом этапе возник и стал эволюционировать циклический процесс ученик — ученый — учитель. Читая произведения выдающихся натуралистов Бианки, Лоренца, Даррелла, Сетон-Томпсона, на-

блюдая за животными, особенно за отношениями родители — дети, мы постоянно убеждаемся в осуществлении этого важнейшего для эволюции живого вещества в биосфере, циклического процесса, ставшего непрерывным. Чем выше на эволюционной лестнице стоит вид, тем ярче проявляется этот циклический процесс: передача информации (обучение) детенышам, передача информации другим особям посредством мечения, поз и т.д., и т.п. Однако у животных обучение и сохранение накопленной информации обеспечивается только путем непосредственного контакта с «учителем» (носителем информации), не существует механизма (кроме мечения территории) сохранения информации на внешних носителях. Принципиально новым этапом эволюции связки ученик — ученый — учитель стало появление письменности, когда информацию и прежде всего накопленные знания стало возможно сохранять на «внешних» (не в мозгу) носителях и, главное, передавать без искажений (почти) и потерь (почти) через поколения (сохранять во времени). Эволюция сохранения и передачи информации — наскальные рисунки, узелковая письменность, рукописи, книгопечатанье, магнитные носители и, наконец, эпоха компьютеризации с носителями практически неограниченной емкости.

В работах академика Н.Н. Моисеева, развивавшего учение В.И. Вернадского о ноосфере, значительное место уделяется проблеме сохранения и передачи информации в природе и обществе. Как отмечал Никита Николаевич (Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М., 1990. Гл. VI «На пути к искусственному интеллекту». С. 159), «появление новых прин-

ципов (механизмов) хранения и передачи информации способно качественно изменить весь характер процессов развития, саму структуру «алгоритмов эволюции». С момента написания этих строк прошло более 30 лет. Методы информатики, связанные с созданием первичных баз данных и извлечением из них имеющей смысл информации, уже давно и успешно используются практически во всех сферах человеческой деятельности. Вместе с тем методы и методические подходы современной информатики, позволяющие измерять степень информативности и динамику информационных процессов, протекающих в экосистемах, менее востребованы учеными, хотя, по нашему мнению, несомненно, перспективны в прогнозировании и управлении природными и социальными комплексами.

Термин «информация» (от лат. *informatio* — разъяснение, изложение) в русском языке известен с Петровских времен (Черных, 1993). Обычно он используется как синоним слова «сообщение». В математике и кибернетике этот термин используется для обозначения сведений, являющихся объектом хранения, переработки и передачи, а также как количественная мера устранения неопределенности (энтропии) — мера организации системы.

Возникновение и развитие информатики напрямую связано с необходимостью каким-то образом управляться с огромными массивами данных, которые накопились и продолжают накапливаться по мере развития науки в целом. В 1960-е гг. шли бурные дебаты ученых и специалистов о целесообразности математизации экономики, о возможности и необходимости при-

менения электронно-вычислительных машин (ЭВМ), как тогда называли компьютеры, для составления экономических планов. Многим в то время казалось, что от применения формул, математических терминов и ЭВМ экономическая наука сильнее не становится, опытные плановики могут управлять экономикой за счет своих знаний и интуиции, безо всякой сложной математики и без специальных приемов сбора и обработки данных. Стоит заметить, что и развернувшаяся примерно за 20 лет до этого, в конце 1930-х — второй половине 1940-х гг. кампания борьбы с научной генетикой под руководством Трофима Денисовича Лысенко также была направлена прежде всего против применения математических методов в биологии. В более близкие к нам 1980-е гг. шли споры о необходимости применения ЭВМ и математических методов в различных областях науки — филологии, истории, географии, биологии и т.д. Вместе с тем лавинообразно нарастающие потоки научных данных практически во всех областях человеческих знаний создали ситуацию, когда отдельно взятый специалист физически не в состоянии отслеживать все многообразие этих данных даже в достаточно узких областях. Параллельно с нарастанием потока данных бурно развивались методы их хранения и обработки в электронной («оцифрованной») форме с использованием ЭВМ. Калейдоскопически менялось быстрое действие ЭВМ, их размеры, доступность. В 1990-е гг. спор окончательно и бесповоротно был решен в пользу необходимости использования компьютеров, а также методов математической логики, вычислитель-

ной математики и других математических методов, воплощенных в компьютерных программах, во всех областях человеческих знаний и во всех отраслях народного хозяйства. Появились даже лозунги сначала «компьютеризация», а потом и «информатизация» науки и общества в целом (Министерство образования РФ, например, с 1995 г. выпускает бюллетень «Проблемы информатизации высшей школы»). Наряду с уже более или менее привычным направлением «информатика» появились такие научные направления, как «геоинформатика», «биоинформатика», «экоинформатика» и другие. Содержание и методология этих научных направлений, как правило, четко не определена, что приводит к разночтениям и спорам.

Так как определений термина «экологическая информация» можно дать много и они могут быть весьма сложны и противоречивы (Чернышенко, 1999), условимся вслед за Л.И. Лопатниковым (1979) считать информацией не просто любые данные, а все те сведения, знания, сообщения, которые помогают решать определенную задачу. Каждое экологическое явление, объект, факт обладают бесконечным многообразием свойств и особенностей. Поэтому о них можно строить бесконечно длинные сообщения, содержащие бесконечное множество данных. Но тогда с переработкой информации не справится никакая вычислительная техника.

Теория информации формулирует правила отбора необходимых данных, определяет реальную потребность в них. Исследователи считают, что в отношении каждого конкретного сообщения нужно прежде всего ответить на

такие вопросы: кто должен это знать; о чем (о ком) должен знать; что должен знать, когда должен знать. При положительном ответе на эти вопросы можно считать информацию полезной. Изучение полезности информации является необходимым прагматическим аспектом теории информации.

Здесь, видимо, будет уместно упомянуть, что еще в начале прошлого века известный американский эколог В. Шелфорд сформулировал закон толерантности (Shelford, 1911, 1913), который гласит: как избыток, так и недостаток ресурса является лимитирующим фактором. Этот закон в полной мере может быть отнесен и к информации (Смуров, Милько, 2000; Смуров, 2002). Информация непротиворечиво трактуется до тех пор, пока ее объем невелик и число конкретных наблюдений объекта, а также число наблюдаемых параметров объекта не превышает некоторой критической величины. Увеличение потока информации всегда приводит к противоречиям, не объяснимым с позиций частных результатов.

Основная задача любой науки — не только и не столько сбор данных, а прежде всего систематизация и осмысление имеющихся данных и извлеченной из них информации, поиск и формулировка общих закономерностей и законов и как конечный и главный научный результат — возможность научно обоснованного прогноза (предсказания). Этот прогноз при правильно проведенном научном анализе данных рано или поздно подтверждается на практике. Таким образом, данные и первичная информация как таковые имеют смысл лишь тогда, когда этот смысл можно из них извлечь за счет

интеллектуального базиса, имеющихся знаний, гипотез, методов анализа, технических средств.

Как уже отмечалось выше, практически в любой области современной науки накоплены огромные массивы первичных данных, которые в принципе позволяют извлекать полезную информацию, но в исходном виде бесполезны, то есть не используются для построения гипотез, прогнозирования, принятия решений и фактически являются избыточными. Методы обработки первичных данных различаются (иногда сильно) для различных научных областей, но тем не менее существуют общие, фундаментальные, законы получения и обработки полезной информации.

Методы информатики (методы извлечения имеющей смысл информации из первичных данных) разнообразны. Осреднение и другие статистические методы концентрации (свертки) информации (в том числе и метод классификации) позволяют сколь угодно большой массив данных свести к набору показателей (параметров), в компактной форме отражающих некоторые свойства объекта. Но эти методы позволяют формулировать только эмпирические (экспериментальные) законы, основанные на статистике наблюдений, отвечающих на вопрос «как?» и не отвечающих на вопрос «почему?». Эмпирические законы обладают малой прогностической ценностью. Для получения ответов на вопрос «почему?» необходимо иметь некоторую статистику экспериментальных законов, некоторый набор ответов на вопрос «как?». На этом этапе основным методом обработки информационных массивов является метод моделирования

(Смулов, Полищук, 1989; Смулов и др., 1988). Модель — абстрактное описание реального объекта или явления, выявляющее ключевые свойства и позволяющее делать прогноз относительно этого объекта или явления. При выявлении ключевых свойств объектов и явлений необходимо отбросить всю лишнюю информацию (убрать «шум»), но при этом не потерять необходимую. Математическое моделирование — это непрерывный процесс, формулировка гипотезы, облечение ее в математические формулы и отношения, проверка работоспособности (сверка модельных данных с реальными данными об объектах и явлениях, оценка прогностических свойств), уточнение (совершенствование) модели (уточнение или переформулирование гипотезы, корректировка математической формы записи гипотезы), проверка работоспособности уточненной модели и т.д. Примеров успешного применения информационных методов, в том числе и математического моделирования, для получения достоверных прогнозов можно привести множество. Наиболее яркими примерами являются результаты использования геоинформационных (сейчас все чаще применяется термин «экоинформационные») технологий для создания географических информационных систем (ГИС). ГИС часто называют любые, в том числе экологические, автоматизированные или полуавтоматизированные аппаратно-программные системы, осуществляющие сбор, преобразование, хранение, обработку, отображение и распространение экологических данных. Основная функция ГИС — обеспечение мониторинговых исследований и информационно-картографическое

обеспечение для целей диагностики и принятия управленческих решений. Главные источники информационного обеспечения ГИС — карты и атласы, аэро- и космические снимки, статистические и гидрометеорологические данные, результаты непосредственных наблюдений и замеров на местности. Различают глобальные, национальные, региональные муниципальные, локальные, проблемно-ориентированные и другие ГИС. При организации ГИС, как правило, используют специальное программное обеспечение и сетевые компьютерные технологии.

Однако не только создание баз данных и методы извлечения из них полезной информации заставляют считать информационные подходы чрезвычайно привлекательными для использования в экологических исследованиях. Дело в том, что теория информации на начальном этапе была сопряжена с фундаментальной научной проблемой связи (коммуникации). Коммуникация же это всегда некий процесс обмена информацией. В классической работе Р. Шеннона (Shannon, 1948) и более современных работах (см., например, Сетров, 1975; Экоинформатика, 1992; Чернышенко, 1999) в информационных процессах выделяют следующие обязательные компоненты:

- активный приемник — получатель информации (*ученик*);
- источник — активный отправитель или пассивный держатель информации (*ученый, учитель*);
- канал связи — некий носитель информации, способ передачи информации, доступный и источнику и приемнику (*речь, книги, электронные и другие носители*);

- информационный код — понятный приемнику способ записи информации на носитель (*разговорный язык — звуки, буквы, цифры, двоичные и другие коды*).

Приемник и передатчик (ученик и учитель) могут и часто меняются местами, однако если хотя бы один из вышеперечисленных компонентов в ходе протекания информационного процесса нарушается («сбоит»), нормальное протекание процесса становится невозможным. Отсутствие приемника, источника информации, помехи, связанные со способом передачи (нарушениями в каналах связи), искаженные (разные), непонятные приемнику информационные коды останавливают или, если источник и приемник имеются и какие-то сигналы проходят, значительно замедляют коммуникационные процессы, часто извращая смысл информации на входе (у получателя).

Функционирование биологических систем на всех уровнях их организации невозможно без обмена информацией между структурными единицами, составляющими эти системы. Обмен информацией ведется различными способами, с использованием широчайшего спектра как носителей, так и информационных кодов. На молекулярном и клеточном уровне это РНК и ДНК, особые белки в мембранах, хромосомы, сенсорные органеллы, воспринимающие химические и физические воздействия. На организменном — специальные органы (глаза, акустические, химические и другие рецепторы), объединенные нервной системой и воспринимающие различным способом закодированные сигналы из внешнего мира и внутренних структурных единиц организма. Как отмечает С.В. Чернышенко (1999),

природа как бы выделила в среде обитания информационный компонент и снабдила биологические объекты (живое вещество) специальными средствами для работы с ним.

Информационные процессы, протекающие в биологических системах, часто интереснее оценивать не по сложности сообщений (закодированной информации), а по следующим за ними реакциям (онтогенетические процессы, поведенческие отклики и т.п.) приемника информации. Важно отметить, что процесс обработки поступившего сигнала и процесс реализации отклика приемника (субъекта) на него, с точки зрения информатики, всегда проходит по некоторому математически формализуемому алгоритму. Это позволяет количественно оценивать «информативность» сообщений, вероятности искажений и вероятности сбоев в реализации алгоритмов реакций на эти сообщения.

Степень негативных воздействий различных экотоксикантов и в первую очередь стойких долгоживущих загрязнителей (радионуклиды, диоксины, тяжелые металлы и др.) часто связана с направленностью этих воздействий на разрушение именно информационных механизмов функционирования биосистем. Информационные процессы в экосистемах проявляются через взаимодействие (поведение) структурных единиц посредством сигналов различной природы — химической, физической, акустической, механической и другой, а негативное воздействие на эти системы проявляется в нарушениях информационных механизмов взаимодействия. Выпадение из состава сообществ отдельных видов, нарушение



поведенческих реакций у животных, аномалии в развитии — далеко не полный перечень нарушений, вызванных под воздействием экотоксикантов сбоями при кодировке и реализации циркулирующей в экосистемах информации.

Реальность информационных потоков и их значимость в устойчивом функционировании экосистем, наличие хорошо развитой теоретической базы и математического аппарата для описания информационных процессов дают возможность рассматривать информацию, наряду с потоками вещества и энергии, как третью генеральную меру состояния экосистем (Криволицкий, Чернышенко, 1993; Чернышенко, 1999), а экоинформатику — как самостоятельное научное направление (Экоинформатика, 1992; Смуров, 2002, 2003).

*Экоинформатику можно определить как науку о методах получения, сбора, хранения и переработки данных о биологических системах на разных уровнях их структурно-функциональной организации, данных о механизмах осуществления взаимодействий между структурно-функциональными единицами биосистем и биосистем со средой, а также данных о состоянии и изменениях среды обитания с целью выявления ключевых механизмов, обеспечивающих нормальное протекание в экосистемах информационных процессов.*

Содержание экоинформатики как самостоятельного научного направления непосредственно связано с понятием «ноосфера» и со всем комплексом проблем, касающихся состояния среды обитания, популяций живых организмов и здоровья населения, а также проблем управления природными, социальными и техногенными процессами.

Процесс перехода биосферы в ноосферу под действием научной мысли как геологической силы неразрывно связан с триадой ученик — ученый — учитель, с накоплением научных знаний о природе и с эффективностью изучения информационных потоков в биосфере и человеческом обществе, однако информационным технологиям еще только предстоит занять достойное место в этом процессе.

---

### Список использованной литературы

---

1. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. С. 69.
2. Вернадский В.И. О русской интеллигенции и образовании. М.: Издательский Дом Шалвы Амонашвили, 2001. С. 107–110.
3. Вернадский В.И. Биосфера: мысли и наброски/Сб. научных работ. М.: Ноосфера, 2001.
4. Криволицкий Д.А., Чернышенко С.В. Методы теории информации и проблемы биоиндикации // Вестник Днепропетровского университета. Биология и экология. 1993. С. 35–35.
5. Лопатников Л.И. Популярный экономико-математический словарь. М.: Знание, 1979.
6. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая Гвардия, 1990.
7. Стров М.И. Информационные процессы в биологических системах. Л.: Наука, 1975.
8. Смуров А.В., Гильманов Т.Г., Криксунов Е.А., Полищук Л.В., Терехин А.Т., Шаров А.А. Математические основы применения ЭВМ в экологическом моделировании: Программа учебного курса. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 1–4.

9. Смуров А.В. Полищук Л.В. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статистический и динамический аспекты: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 1–208.
10. Смуров А.В., Милько Д.М. Информация как лимитирующий фактор при решении задач управления средой обитания // Экополис. 2000: Экология и устойчивое развитие города. Материалы 3-й международной конференции. Биологический ф-т МГУ, 24–25 ноября 2000 г. М.: Изд-во РАМН, 2000. С. 125.
11. Смуров А.В. Что такое экоинформатика? Содержание и роль информатики в современной экологии // Труды Беломорской биологической станции. Т. VIII. Материалы VI международной конференции 10 августа 2001 г.: Сборник статей. М.: Русский университет, 2002. С. 205–209.
12. Смуров А.В. Экологическая диагностика: биологический и информационный аспекты. М.: Ойкос, 2003.
13. Черных П.Я. Историко-этимологический словарь современного русского языка: 13560 слов: Т. 1–2. М.: Русский язык, 1993. Т. 1.
14. Чернышенко С.В. Информация как третья генеральная мера состояния экосистем и ее использование в экологическом контроле // Биоиндикация радиоактивных загрязнений. М.: Наука, 1999. С. 356–367.
15. Экоинформатика. Теория. Методы и системы/Монография под общ. ред. акад. Соколова В.Е. Науч. ред. и сост. Савранский В.А. Коллектив авторов: Арский Ю.А., Захаров Ю.Ф. и др. СПб.: Гидрометеоздат, 1992.
16. Shannon C.A. mathematical theory of communication // Bell System Techn. J. 1948. Vol. 27. № 4. P. 379–423; № 5. P. 623–656.
17. Shelford V.E. 1911, Physiological animal geography, J. Morphol. 22. P. 551–618.
18. Shelford V.E. 1913, Animal Communities in Temperate America. University of Chicago Press, Chicago (цит. по: Одум, 1986).