

СЕМИОТИЧЕСКИЕ МИРЫ. ПРИМЕР РАСТЕНИЙ

У. С. Струговщикова

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Россия
ustrug@gmail.com

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 22-18-00450, <https://rscf.ru/project/22-18-00450/>

Биосемиотика – это доязыковой уровень семиотических, смысловых процессов, происходящих в живой сфере. Она предоставляет концептуальный аппарат для описания биологических явлений на всех уровнях организации жизни и может быть использована для инициирования безопасных культурных форм и практик, а ее актуальность может быть обусловлена нестабильными отношениями между культурой и природой. Исследования показали, что отдельные организмы конструируют свои онтологические миры, завязанные на сенсорно-моторной петле, то есть чувственно-двигательном аппарате каждого отдельного организма. Базовая семиотика присуща практически всем живым формам на эволюционном древе, а смыслопорождающее поведение было задокументировано даже у одноклеточных организмов (цитосемиозис). Нет никаких препятствий рассмотреть с такой же точки зрения растительные организмы при условии, что мы будем опираться на открытия в биологии растений. Новые данные в области электрофизиологии растений показали, что у высших растений, обладающих васкулярной системой, имеется функциональный круг, то есть сенсорно-моторная петля, опосредованная электрическими импульсами; а исследования когнитивных навыков растений и их поведения обнаружили, что растения не только пассивно адаптируются к окружающей среде, но и активно ее преобразуют, конструируют, то есть создают умwelt. Это позволило поставить вопрос о возможности существования *фитосемиозиса* между растительными организмами. И при конструировании биосемиотического фрейма позволило описать симбиотическое взаимодействие американской поликультуры: кукурузы, тыквы и фасоли, в оптике этого биосемиотического подхода, дополненной концепцией воплощенного сознания. Обычно данная концепция состоит из 4Е (*embeddedness*, или встроенность в мир; *extendedness*, или протяженность, *enactivity*, или деятельность в окружающей среде; *embodied*, или воплощенность в теле), но в биологии растений теперь эту концепцию дополняют пятой компонентой – *ecological* – экологичностью. Все эти 5Е раскрывают *аффордансы* растений, то есть сопряжение *возможностей* окружающего мира с возможностями морфологии тела, и использование этих аффордансов-возможностей для своих потребностей. В статье также сделана попытка интегрировать понятие *энлога* (Чебанов) в фитосемиотический подход. Энлог – это некая единица обратной связи, которая также

представляет собой инструмент связи с иным. Энлоги (два и более) участвуют при образовании знака. Совокупность взаимных связей, энлогов, создает умвелът.

Проведенное исследование, посвященное биосемиотике растений, выявило потребность в дальнейшем изучении вопроса, так как заявленный экзосемиозис растений тесно связан с эндосемиозисом, оставшимся за пределами данной статьи. Исследование также выявляет потребность в новом языке при дальнейшей разработке биосемиотического подхода и ставит более фундаментальный вопрос о возможности описать нечеловеческие явления и способы взаимодействия нечеловеческих организмов человеческим языком.

Ключевые слова: биосемиотика, фитосемиотика, умвелът, функциональный круг, аффорданс, знак, эн-лог, семиотическая подгонка, онтологические миры, биологическая потребность, энак-тивизм, воплощенное сознание

SEMIOTIC WORLDS. PLANTS

Ulyana S. Strugovshchikova

National Research University Higher School of Economics,
Moscow, Russian Federation
ustrug@gmail.com

The ecological conception of a new dialogue between man and nature is ripening. This concept is biosemiotics. According to the concept, nature is perceived as an equal actor of the coevolution of humankind and the living creatures on our planet. The idea of the research is to use biosemiotics – a pre-linguistic level of semiotics, semantic processes which happened in the living sphere – as a tool or conceptual framework for describing biological phenomena at all levels of life organization. The relevance of the concept can be driven by the unstable relationship between culture and nature, and can be used to initiate safe cultural forms and practices between the different worlds of living. Biosemiotics understands life as the existence and interaction of living communities, where signs are created, interpreted in different ways and have *meaning*. Basic semiotics covers almost all living forms on the tree of life. Meaningful behavior has been documented even in unicellular organisms. We cannot but view plants from the same perspective, as there have been a lot of discoveries in plant biology. The author takes plants interaction and communication as of individual organisms, as they construct their own ontological worlds. New data of plant signaling and behavior have revealed that plants have their own sensory-motor apparatus: higher plants with a vascular system have the functional cycle, i.e. a sensory-motor loop mediated by electrical impulses; and plant studies of their cognitive skills and behavior

have found that plants not only passively adapt to the environment, but also actively transform and construct it, i.e. create an *umwelt*. Thus, the author sets a question of the existence of semiosis between plants. Through the lens of a biosemiotic approach, she describes an example of a symbiotic interaction of American polyculture: maze, pumpkin, and beans. This approach is supplemented by the concept of 4E (*embedded, extended, enactive, and embodied*) cognition, with the addition of the fifth E – *ecological*, which reveals plants' *affordances*, namely, entanglement of affordances of the environment with the morphological affordances of any plant and the possibility to use these affordances for their own needs. The author made an attempt to integrate the concept of *enlogue* (by Segei Chebanov) into the phytosemiotic approach. Enlogue is a tool for communication with another. It is a link between living organisms, as well as between a living organism and a non-living thing. This link or connection is always reversed. Enlogues (two or more) are involved in the formation of a sign. Mutual links, or enlogues, create an *umwelt*. The research highlights the importance of a further development of the biosemiotic approach as well as the need for the development of a new descriptive language. As an additional issue for further examinations is a question: How can we properly describe non-human phenomena in human language? And what is "properly" in that case?

Keywords: biosemiotics, phytosemiotics, *umwelt*, function circle, affordance, sign, enlogue, semiotic fitting, ontological worlds, biological need, enactivism, 4E-cognition

DOI 10.23951/2312-7899-2023-3-159-181

В настоящее время семиотика обретает новый статус в научной методологии. Она давно уже вышла за рамки лингвистики, обосновавшись в биологии как биосемиотика, а теперь еще и в физике и информационных технологиях как киберсемиотика. Современная семиотика обеспечивает среду, в которой специалисты из многих областей сходятся в междисциплинарном союзе. Семиотика теперь не только теория, исследующая знаки и знаковые системы человека, или семиосфера всей биосферы, но и семиотика, исследующая знаковые отношения людей и техники, разработку нейросетей и искусственного интеллекта. Автора же данной статьи интересует вопрос семиотических взаимодействий в живом мире, конструирования при этом семиотических миров, их взаимодействия и развития, эволюции, исходя из тезиса, что сама биология, будь то животная, растительная или какая-либо другая, принадлежит семиотической сфере [Anderson et. al. 1984].

Биосемиотика, когда мы говорим не о человеке, – это доязыковой уровень семиотических, смысловых процессов, происходящих

в живой сфере (биосфере). Соединяя открытия биологических наук и семиотики, она подходит к жизни как к процессу осмысления, основанного на *знаках* [Kull 2016]. Биосемиотика изучает живых существ, их коммуникативные взаимоотношения и поведение с точки зрения знаковых процессов. В широком смысле биосемиотика предлагает изучение различий, которые создают организмы, взаимодействуя в окружающей среде, распознавая, воспринимая и отвечая на сигналы, импульсы, действия, а также изучение того, что эти организмы знают и делают интенционально. Биосемиотика понимает жизнь не только как физико-химические процессы и реакции организма, но как существование и взаимодействие живых сообществ, где знаки создаются, интерпретируются разными способами и имеют большое значение, или *смысл*. При этом биосемиотика имеет дело со сложностью жизненных процессов на разных слоях организации жизни, выделяемых биологией: от молекулярного уровня до когнитивных наук о мозге и исследований поведения. Биосемиотика – это прежде всего оптика того, как мы можем смотреть на процессы, происходящие в этих слоях. Она использует разные концепции, модели и теории и пытается ответить на вопрос о происхождении знаковых процессов, о том, как рождается знак и каково его значение в когнитивных действиях организмов. Процесс создания знаков, а также процесс означивания понимаются и как передача информации, и как порождение содержания и значения информации во всех знакопроизводителях и реципиентах, где реципиент затем дает обратную связь¹. Здесь автор придерживается мысли, что развитие природы – это развитие и накопление обратных связей, в которых рождается смысл, это отношения агентов (акторов, субъектов) со средой, где *знак* выступает также и *отношением*. Мы приписываем смыслопорождающую деятельность разным агентам, живым организмам, при этом не претендуя, что можем понять этот смысл.

Биосемиотика предоставляет нам теоретический аппарат для описания биологических явлений на всех уровнях организации жизни. Традиционно проводится различие между эндосемиоти-

¹ Отметим, что за пределами биосемиотики была развита концепция, установившая связь между этапами «перевоплощения информации» и динамики форм знака [Мелик-Гайказян 1997]. В рамках этой концепции, что любопытно, использован пример из «жизни растений» для иллюстрации оригинальных процедур семиотической диагностики в разделе «Ландшафты, на которых растут символы (взгляд натуралиста)» коллективной монографии [Борисов и др. 2019, 135]. А коллизии во взаимосвязях реципиент / воздействие представлены в статье [Мелик-Гайказян 2022].

кой и экзосемиотикой. К эндосемиотике обычно относят семиотические явления в живых организмах: то, что связано с генетическим кодом, процессом синаптической передачи сигналов, иммунными взаимодействиями, проблемами взаимодействия спермия и яйцеклетки в процессе оплодотворения, проблемами рецепторов, гормональными взаимодействиями, включая гормоны растений [Чебанов 2021]. К экзосемиотике относят биосемиотику сенсорных систем, коммуникации между организмами, экосемиотику и системы, связанные с семиотическими процессами, т.е. то, что мы называем биокоммуникациями: звуковые, визуальные, тактильные, ольфакторные и т.д., а также поведение животных, социальное поведение, брачное и территориальное поведение [Чебанов 2021].

Если мы внимательно рассмотрим физиологические детали разных особей и видов, заострим внимание на их сенсорных аппаратах, которыми они осмысливают свое окружение, то неизбежно придем к выводу, что эти существа создают собственные каналы коммуникации и обозначения, которые не зависят от человека. Базовая семиотика охватывает практически все живые формы на древе жизни. Поведение, создающее смысл, было зарегистрировано даже у одноклеточных организмов. В качестве примера приведем гетеротрофную одноклеточную инфузорию *Stentor roeseli*, которую начали изучать на рубеже XIX–XX веков, а сегодня она являет собой прекрасный образец «клеточной знаковой системы» [Kull 2000, 333], относящийся к примитивной семиотике, или цитосемиозу. Современные исследования [Dexter et al. 2019] показали, что поведенческий репертуар инфузории представляет собой не только запрограммированные рефлексы. Для выживания в своей среде инфузория использует несколько стратегий, чтобы покончить с вредными раздражителями. В ее поведенческий репертуар входят приемы «избегания»: состояния покоя, изгиба, механизмы изменения, сокращения и отделения ресничек. В зависимости от ситуации меняется сложность поведения. Используя покадровую съемку (time-lapse-технологии), мы становимся свидетелями сенсорно-моторного функционального цикла, о котором говорил фон Иксюль [Uexküll 1957]. Опираясь на заданную морфологию тела и функциональный круг «восприятие–действие», *St. roeseli* конструирует свою смысловую, означенную среду – *umwelt*. Из этого следует, что простейшие живут в окружающей среде, на которую они способны воздействовать, в том числе намеренно, посредством специфических означенных ими процессов. Они находят доступные для их морфологии значимые взаимодействия в своих субъективных,

семиотических мирах при условии, что у них есть собственные приспособления, или «аппараты», обработки информации и знаковые системы.

Если же мы перейдем от одноклеточности к многоклеточности, от гетеротрофного образа жизни к автотрофному, то увидим, что то же самое применимо к растениям. Тот особый способ, которым растения обеспечивают свою жизнь [Segundo-Ortin, Calvo 2021], призывает нас к пересмотру биосемиотических принципов и возможности их применения. Как уже упоминалось выше, традиционно проводится различие между эндосемиотикой и экзосемиотикой. В свое время такое разделение повлияло на то, что семиозис растений отделили от семиотики человека и животных. Однако как экзосемиотика не ограничивается человеческими и животными доменами, так и фитосемиотика не сводится исключительно к эндосемиотике. Последние исследования в области биологии высших растений показали, что растения во многом похожи на животных: несмотря на уникальную морфологию тела, более медленную временную составляющую, функционал растений сопоставим с животным, что позволяет нам предположить о семиотической составляющей коммуникации растений [Calvo, Sahi, Trewavas 2017, 2858–2869, Khattar et al. 2022, 1-17].

Биосемиотический подход к растениям возможен при наличии некоторого набора категорий, выделяемых в биосемиотике. При построении биосемиотической рамки автор опирался на исследования Я. фон Икскюля, Е. Н. Князевой, К. А. Куллы, С. В. Чебанова, а также использовал биосемиотические наработки некоторых других исследователей. Итак, основным условием существования биосемиозиса является наличие у организма *функционального круга* и *умвелта*. Прежде чем перейти к другим категориям биосемиотического подхода, подробнее остановимся на этих двух концептах.

Функциональный круг в рамках зоосемиотики был описан Якобом фон Икскюлем (1864–1944) [Uexküll 1957]. В его основе стоит сенсорно-моторная петля, опосредованная электрическими импульсами. Икскюль писал о функциональных кругах животных, рыб, членистоногих (его пример – функциональный круг клеща), но он не упоминал о растениях, поскольку в его время еще не было достаточных данных о функциональном круге растений. Первым серьезным исследованием движения растений занялся Чарльз Дарвин (1809–1882), доказав, что все растения двигаются [Darwin 1880]. Сегодня к движениям растений относят рост корней и побегов, листьев, цветение, движение за солнцем (фототропизм), а само

движение называют *локомоцией* (от лат. *locomotia* – «движение на месте»). Чтобы передвигаться, растения полагаются на различные модели роста внутри и между органами, а также на изменения объема внутри клеток на основе тургора. Изменения роста и тургора обеспечивают соответственно необратимые и обратимые модели движения. Вместе с клеточной дифференцировкой и развитием они позволяют растениям реагировать на окружающую среду.

Электрические импульсы признавались за тремя растениями: мимозой стыдливой (лат. *mimosa pudica*), венериной мухоловкой (лат. *dionaea muscipula*) и росянкой (лат. *drosera*), так как их движение видно невооруженным глазом. Мимоза складывает листья при прикосновении, мухоловка схлопывает ловушку, а росянка заворачивает насекомое, когда оно на нее садится. Однако со временем ученые-электрофизиологи обнаружили, что электрические импульсы характерны для всех растений в принципе, являясь неотъемлемой частью их физиологии. Они выявили, что электрохимические явления связаны с клетками и тканями растений [Volkov, Markin 2012, 173–175] и что электрофизиология растений включает в себя измерения электрических потенциалов и токов в широком диапазоне масштабов от одиночных ионных каналов до тканей целого растения, а электрические свойства растительных клеток в основном зависят от электрохимических свойств их мембран и могут варьировать у разных растений. Эти электрические импульсы, создающие «фитонейронную» структуру, являются посредниками между движениями растений и их сенсорным восприятием, формируя функциональный цикл [Fromm, Lautner 2012, 207–232].

Сенсорные восприятия растений, конечно, впечатляют, во многом превосходя человеческий репертуар. К ним относятся: фототропизм – воспринимают солнечный свет, гравитропизм – восприимчивы к гравитации, гидротропизм – знают, где искать воду, сигматропизм – ощущают прикосновения, термотропизм – восприимчивы к температурам, хемотропизм – способны искать нужные химические элементы или избегать вредоносные, а также другие сенсорные возможности [Манкузо 2019].

Функциональный цикл дает нам индивидуальный организм, взаимодействующий с окружающей средой, адаптирующийся под нее и изменяющий ее под собственные *нужды*², конструирующий ее и *означивающий*. Такую среду называют *умвельт* (Я. фон Иксюль). *Умвельт* – это динамическая система знаков, которая включает

² Калеви Куль выделит биологическую потребность (biological need) как отдельную категорию биосемиотики, как аксиологическую причину действий организма [Kull 2000].

в себе мир смыслов каждого живого организма, объединяет мир восприятия и мир действия, составляющие субъективный мир и субъективность каждого живого индивидуума, это также мир процессов, действий, где познание есть извлечение смыслов [Князева 2015, 30].

Умвельт включает в себя и другие категории биосемиотики, которые могут пролить свет на семиотическое взаимодействие организма со средой, где другой организм может рассматриваться частью среды в рекурсивной перспективе. Прежде чем перейти к следующим составляющим стоит заметить, что четкой границы внутреннее–внешнее нет. Это как лента Мебиуса, когда внешнее перетекает во внутреннее, и наоборот. Важно обозначить перспективу, или точку зрения, точку наблюдателя. К другим категориям, которые мы можем условно отнести к целому организму (допуская игнорирование того, что организм состоит из разных живых слоев, и даже нескольких автономных, вовлеченных в собственный семиозис), относятся: память, знание, восприятие, узнавание, самовоспроизведение, агентность, внутреннее–внешнее различие, различия свой–чужой, я–другой, способность к обучению. Семиозис существует *здесь и сейчас*, но связан с прошлым, которое находится в памяти. Память как часть функционального цикла – это наследование отношений и *потребностей*. Биологическая *потребность* (*need*) – это процесс определения чего-то отсутствующего, где функциональный цикл имеет механизм такого определения, и, соответственно, это ситуация, когда недостаток чего-то приводит к некоторым действиям по его устранению или выполнению. Существуют разные типы памяти, образующие различные системы наследования: генетическую, эпигенетическую, поведенческую и языковую [Jablonka, Lamb 1998]. Примером может служить использование растениями вторичных метаболитов для коммуникации в корневой зоне или в побегах. Сигнальные молекулы, включающие эти метаболиты, при их производстве, высвобождении и координированном восприятии составляют сложный процесс, точный и своевременно регулируемый. Мы видим, что это регулируется и фиксируется эпигенетикой [Trewavas 2003].

Память часто связана с обучением. Самый простой способ обучения – привыкание – вполне обычен для растений. Например, мимоза стыдливая (лат. *mimosa pudica*) демонстрирует свою способность к запоминанию, когда складывает листья в защитном ответе на повторяющиеся физические прикосновения [Gagliano et al. 2014]. Другим примером может быть циркадное следование за

солнцем большинства растений и запоминание дневной и ночной долготы как важного сигнала для прорастания, цветения и плодоношения. Память – это знание, приобретенное в процессе обучения, а обучение – процесс построения памяти путем понимания чего-либо (интерпретации), создания знаковых отношений или преобразования уже существующих. Через призму семиотики знание всегда является чем-то значимым, хотя и не обязательно истинным. Семиозис – это интерпретация, которая углубляется в действие, восприятие, перевод, значение и (значимую) коммуникацию [Kull 2022 119–132]. Интерпретация предполагает непредвиденные обстоятельства, которые предполагают варианты и, следовательно, свободный выбор, когда результат выбора может привести к ошибке [Kull 2018, 137–138]. Приобретение знаний полностью зависит от морфологии тела и, соответственно, от механизмов обучения, которые это тело обеспечивает. Механизмы обучения растений сильно отличаются от механизмов животных, поэтому они устанавливают другие знаковые отношения и знаковые системы.

Морфология тела позволяет живым существам воспринять и использовать для своих потребностей *возможности мира, аффордансы* (Гибсон), – возможности среды, которыми можно удовлетворить свои потребности, исходя из возможностей своего тела. Аффордансы растений раскрываются через так называемые 5E³:

Embeddedness – включенность или встроенность в мир.

Extendedness – протяженность и связанность с экосистемой.

Enactivity – энактивность или деятельность в окружающей среде.

Embodied – телесная воплощенность.

Ecological – экологичность, что, в принципе, связывает все предыдущие “E”.

Еще одной важнейшей категорией для биосемиотики, помимо *функционального круга* и *умвельта*, является *энлог* (Чебанов). Энлог – достаточно универсальная категория, которая представляет собой связь. Изначально энлог был представлен как *информация*, но в ее качественной, а не количественной характеристике [Чебанов 1998, 20–22]. Энлог – это некая единица обратной связи, а также инструмент связи с иным. Знак может строиться из двух или большего числа энлогов. Умвельт представляет собой один из видов энлогий, т.е. совокупность взаимных связей. Умвельт как две энлогии, где одна из энлогий постулируется как так называемый внешний, или физический мир, существование которого не представляется фик-

³ Концепция 4E cognition обсуждается в научном сообществе уже давно. Применительно к биологии в XXI веке стали добавлять пятое E – ecological.

цией. Энлог напрямую связан с аффордансами, так как завязан на чувственном, сенсорном восприятии, характерном для определенной морфологии, в нашем случае – растительной. Совокупность энлогов составляет умвельт, или *энлогию*, – совокупность связей, когда живой организм, взаимодействуя с окружением, идентифицирует среду с помощью знаков, конструируя свой собственный мир, состоящий из совокупности обратных связей. По-видимому, к одному из специфических типов энлогов можно отнести *скаффолды* (*scaffolding*; Куль), или *зону ближнего развития* (Выготский).

Как и другие живые организмы, растения конструируют предметный мир, находясь под воздействием среды, которая каждому растению открывается по-своему. Растение выбирает наиболее ему подходящие аффордансы, выстраивая связи-скаффолды, находит новые. Благодаря новым значениям растение перестраивает свой умвельт, внутри которого, как и каждый живой организм, формирует смысл. Когда растение способно создать и сохранить свои локальные семиотические связи в окружении, то это называют *semiotic fitting*. В литературе ее часто называют *подгонкой*, но, на взгляд автора, такой перевод не отображает сути взаимоотношений. Условно можно выделить два пути межвидовых связей: первый основан на коэволюции, другой – на поведении «поиска-и-обретения» (*search-and-find*) [Kull 2020]. Коэволюция занимает много времени, так как здесь речь идет о естественном отборе, являющимся частью эволюционной адаптации, при которой происходят мутации. Концепция «поиска-и-нахождения» относится к идее эволюционного приспособления, или *semiotic fitting* [Kull 2020] (условно *семиотической подгонки*). В данном случае речь идет о коммуникативных процессах между разными видами растений, между растениями и не-растениями, когда растение ищет и обнаруживает другого соседа, который подходит ему и соответствует его потребностям. Как только он находит такого подходящего соседа – они живут вместе. Может иметь место процесс экзаттации, когда организмы изменяют или трансформируют функции, которые у них были раньше. Этот тип отношений закрепляется в эпигенетической памяти, так как изменение функций происходит в течение жизни растений. *Semiotic fitting* – это способность агента (в нашем случае растения) создавать и сохранять локальные семиотические связи в своем умвельте.

Поскольку растение функционально и коммуникативно связано со своим окружением, оно конструирует локальную систему и местное сообщество. Растения – это агенты, которые используют свободную энергию, они чувствуют, воспринимают, могут быть свя-

заны с разными возможностями одновременно, поэтому они могут *выбирать*. Сделать выбор или интерпретировать — это семиозис. Процесс выбора подразумевает под собой интенциональность, в то время как *подгонка* ассоциируется у автора с пассивной подстройкой, адаптацией под сложившиеся условия и ситуации. Когда агент *выбирает*, он может руководствоваться разными принципами — от прагматизма, до симпатии. Экспериментальные данные в биологических науках — вещь довольно специфическая, результаты экспериментов не всегда однозначны, когда речь идет об отдельных организмах, поэтому сбор статистики представляется очень сложным [Munafò et al. 2017], однако они позволяют нам предположить наличие как прагматических мотивов симбиотических отношений организмов, так и отношений, основанных на личностной симпатии.

Здесь еще уместно сказать о так называемых *родственных отношениях* (*kin relationship*). Родство характеризуется как сеть социальных отношений. Обычно это означает, что высокоинтеллектуальные животные могут сотрудничать с соседями, помогая друг другу в трудных ситуациях против голода, бедствий или в защите от общего врага. Для некоторых живых организмов, таких как пауки, родство может означать отказ от поедания своих сородичей в случае голодания или застоя. Родство у растений рассматривается как лучшая приспособленность одной особи к конкретным обстоятельствам и ее возможность повысить приспособленность другой особи и свою собственную. Предполагалось, что сотрудничество идет через родственные связи, однако исследования показали, что растения, связанные сетью грибниц, способны поддерживать и растения других видов [Simard 2021]. Растениям приходится взаимодействовать с большим количеством соседей одновременно, при этом с одними они сотрудничают, с другими — воюют. При создании «кооперативов» растениям приходится различать своего от чужого и родное от чужого. Исследования показывают, что растения знают, с чем они взаимодействуют. Корневые экссудаты растений — это механизмы распознавания растений-соседей, ощупывания патогенов, аулофитов и растений-паразитов [Bais 2015]. Такие экссудаты состоят из низкомолекулярных соединений, несут информацию о генетической идентичности, происхождении, видовом родстве и используются в качестве сигнальных и защитных молекул [Степу, Casal 2015]. Растения могут повышать потребление ресурсов при наличии врагов по соседству, изменяя морфологию своих корней, широко распространяя их. Или же, наоборот, отказываются от конкуренции, делясь ресурсами с соратниками. Например, у не-

которых родственных растений развивается иная корневая система, чем у конкурирующих растений, чьи корни толще, сама система корней более ветвистая, а их поведение сложнее [Novoplansky 2019]. Взаимодействие корней может влиять на пластичность побегов [Bais 2015]. Растения-союзники развивают умеренную листву, не конкурируя за солнечный свет, и переориентируют рост листьев по горизонтали и вертикали, позволяя компаньонам получать относительно равное количество света, располагая основную часть листвы в стороне от них [Crepu, Casal 2015].

Теперь хотелось бы привести конкретный пример симбиотического сосуществования мезоамериканской поликультуры: кукурузы (*Zea mays*), тыквы (*Cucurbita pepo*) и фасоли (*Phaseolus vulgaris*), которая получила название «трех сестер». На взгляд автора, это прекрасный пример того, как три разных растения объединяются и создают общую среду, которую они активно обозначают, конструируя общий *умwelt*. Предполагается, что их симбиотическое существование опосредовано знаками, так как знаки – это наши симбионты с окружающей средой. Разные морфологии тела, паттерны движения и разное поведение позволяют этим трем извлекать выгоду как из плодородной почвы, так и в случае, если окружающая среда неблагоприятна.

Из истории «трех сестер» мы знаем, что их развитие происходило в результате процессов *приспособления* (*fitting*) и *коэволюции*, дополненных естественным и культурным (произведенным человеком) отбором. Тыкву (лат. *Cucurbita pepo*) в Америку завезли из Азии благодаря переселенцам с Евразийского материка примерно 10 000 лет назад [Murphy 2007, 118–119]. Будучи новичком на континенте, тыкве пришлось адаптироваться к новой среде. Генетическая изменчивость, известная в настоящее время как часть физиологии тыквенных, стала результатом процессов, которые происходили при взаимодействии тыквы с окружающей средой, того, чему она обучалась и что передавала потомству в генетической памяти. У тыквы есть различные фенотипы, которые возникали на протяжении тысячелетий в результате взаимодействия тыквы и других растений, тыквы и не-растений, тыквы и неживой материи, а также взаимодействия тыквы с человеком. Отбор человеком, или селекция мякоти, которая была сначала менее горькой, задержка в лигнификации кожуры и, как следствие, увеличение размера плодов привели к появлению тыквы, которую мы знаем сегодня [Hart 2008, 88].

Согласно хронологии, которую нам дает палеоботаника, второй

одомашненной культурой была кукуруза (лат. *Zea mays*). Кукуруза эволюционировала из дикого злака теосинта⁴, который имеет невысокий ветвистый стебель и маленькие колбочки с семенами, мало похожие на современные кукурузные початки. Наличие транспозонов, или «прыгающих генов», привело к мутациям и изменениям экспрессии генов. Согласно генетическим исследованиям, теосинту потребовалось изменить всего лишь три гена, чтобы превратиться в кукурузу [Murphy 2007, 114], но, чтобы превратиться в ту кукурузу, которую мы знаем сегодня – ей потребовалось 3000 лет [Murphy 2007, 93]. Итак, протоземледельцы отбирали мутировавший теосинт и возделывали его как культуру.

Фасоль обыкновенная (лат. *Phaseolus vulgaris*) является американским эндемиком (аборигеном), но была одомашнена последней. Фасоль – морфологически разнообразное растение, широко распространенное по территории обеих Америк. Разнообразие генов способствует ее большой изменчивости, что позволяет также приспособляться к разным климатическим условиям и разному плодородию почвы. Любопытно, что фасоль была замечена ботаниками довольно поздно и описывалась как растение, тайно прячущее нежные побеги в кустах [Gentry 1969, 61]. После того как фасоль проросла, она продолжает двигаться, исследуя окружающий мир, воспринимать его, картировать пространство, запоминать циркадные ритмы, ритмы дня и ночи, обнаруживать растения вокруг, искать опору, которая бы позволила ей и спрятаться, и в то же время расти в своей потребности быть ближе к солнцу, чтобы усваивать солнечный свет и вырабатывать питательные вещества.

Мы задаем себе вопрос: какова цель фасоли? Или любого другого растения? По крайней мере один ответ приходит на ум: потомство, сохранение и передача генов. Это означает, что если принять плодоношение за целеполагание фасоли, то главная цель состоит не только в том, чтобы уберечь себя от опасностей, но и в сохранении потомства, сокрытии его от травоядных и фитофагов. Дикая фасоль при отсутствии собственной защиты от травоядных использует для этих целей окружающую среду. Искусство маскировки фасоли включает в себя способность не только выбирать кустистые и колючие растения, но также умело маскировать свои семена⁵ под окружающую среду: ряд семян фасоли имеет пеструю окраску, что делает их практически неразличимыми на земле, устелен-

⁴ Сегодня теосинт можно встретить в некоторых районах Северной и Южной Америки.

⁵ Дикая лоза имеет семена около 5 мм в длину, 4 мм в ширину и 2–2,5 мм в толщину [Gentry 1969, 56].

ной по осени пестрой листвой. Если мы будем описывать фасоль с точки зрения экологической терминологии, то фасоль, конечно, *встроенное (embedded)*, *энактивное (enactive)* растение. Морфология фасоли – плетистая лиана, поэтому ей жизненно *необходимо* найти такого партнера, которому будет выгодно совместное сотрудничество, или же по крайней мере который не будет страдать (фасоль не относится к растениям-паразитам). Таким идеальным соседом оказалась кукуруза.

Есть довольно любопытное наблюдение натуралистов XVIII века, в котором говорится, что в мексиканском штате Герреро дикая фасоль часто растет вместе с теосинтом (*Euchlaena mexicana Schrad*) [Gentry 1969, 63]. Пример в Герреро свидетельствует не только о коэволюции, объединившей волей случая теосинт и фасоль, но и о их взаимном соответствии как двух лучших сожителей. У нас есть подтвержденные данные, что фасоль наблюдает за окружающим [Segundo-Ortin, Calvo 2021], картирует окружающее, конструирует среду, делает выбор, наилучший по ее «разумению», хотя, конечно, выбор может приводить и к ошибкам, в том числе роковым. Исходя из того, что сегодня мы можем встретить дикую фасоль, растущую на теосинте или кукурузе, разумно предположить, что теосинт представляет собой наилучший доступный вариант для фасоли, и это не просто совпадение. Занимая две разные ниши, предоставляя два разных набора *аффордансов*, теосинт и фасоль представляют собой *возможность* удовлетворить свои *потребности*: теосинт обеспечивает опору для лазания, то есть является знаком получения солнечного света, укрытием от травоядных летом и защитой для семян осенью: опавшая листва скрывает пестрые плоды фасоли. Над землей же листья фасоли дают укрытие початкам теосинта, делая их менее заметными для птиц и животных.

Эволюция теосинта в кукурузу принесла пользу не только кукурузе (она стала пользоваться большим вниманием со стороны людей, те стремятся сохранить урожай, посадить новый, соответственно, гены кукурузы сохраняются), но и фасоли, поскольку более твердый и высокий стебель давал *возможность* забраться выше, ближе к солнцу, получить больше питательных веществ.

Вместе «три сестры» можно найти в виде одомашненной поликультуры в Мезоамерике около 2 300 года до н.э. У нас есть свидетельства того, что к 2300 году до н.э. мильпа-система тыквы, кукурузы и фасоли стала обычным явлением по всей Мезоамерике, но с преобладанием кукурузы [Murphy 2007, 205]. Примерно через 300 лет случилась сильная засуха, и наша тройка, употреблявшаяся

в пищу наряду с некоторыми дикорастущими растениями, а также культивируемыми томатами и перцами, вдруг становится основной поликультурой, необходимой для выживания человечества.

Когда мы говорим о «трех сестрах», то мы не можем говорить отдельно о сообществе кукурузы и сообществе тыквы, которые взаимодействуют с отдельным сообществом фасоли. Мы берем три разных растения, создающих общий умвелт из своих энлогов-связей, взаимодействуя друг с другом. Они объединяют свои индивидуальные умвелты, когда внутриорганизменная коммуникация переходит в межорганизменную связь между тремя растениями. Это единая экосистема, сопряженная и взаимодействующая с окружающей средой. Благодаря симбиозу тыква, кукуруза и фасоль смогли достаточно быстро адаптироваться к изменению климата во время суровой засухи. И именно поэтому эти культуры стали основным продуктом для совместного выращивания выжившими после засухи людьми.

Как было сказано выше, морфология растений задает их биологическую *потребность*. Над землей им нужна солнечная энергия для производства сахаров, получающихся в результате фотосинтеза. Если организм получает питательные вещества, он растет, становится сильнее. Можно сказать, что солнце для растений (конкретные виды солнечных лучей) является *возможностью* выработки питательных веществ и *возможностью* «следовать календарю», запоминая долготу дня и ночи. Ранее мы упоминали о симбиозе теосинта-кукурузы с фасолью. Помимо того, что было сказано, стоит добавить, что все три растения не конкурируют за солнечный свет. Кукуруза растет высоко, у нее узкие листья. Фасоль, обвиваясь вокруг нее, «видит» просветы и располагает в них свои сердцевидные листья. Тыква растет широко, занимая нижнюю нишу, дополнительно защищая колючими побегами нижние части фасоли и кукурузы от травоядных, насекомых, фитофагов. Кроме того, широкие листья тыквы успешно борются с сорняками за солнечный свет, не давая им расти, и сохраняют влажность почвы, что весьма существенно во время засухи и всегда актуально для влаголюбивой фасоли.

Одновременно с этим происходит и симбиоз под землей, где три типа корневых систем занимают разные когнитивные ниши. Разная морфология корней: их длина, толщина, паттерн роста и поглощение разных питательных веществ в разные фазы роста, цветения и плодоношения, – позволяют им быть друг другу добрыми соседями. В первую фазу роста кукуруза нуждается в большом

количестве калия [Postma, Lynch 2012, 527–533]. Поглощая калий и азот, кукуруза сильно истощает почву, не оставляя ни единого шанса сорнякам, уже конкурирующим с тыквой за солнечный свет. У тыквы длинный, толстый корень, растущий глубоко, на первых стадиях роста поглощающий в основном фосфор и азот [Postma, Lynch 2012, 527–533]. Фасоль содержит собственную симбиотическую систему азотфиксации, позволяющую ей получать до 60% азота, необходимого для развития и роста, поэтому проникать вглубь ей нет необходимости – корни фасоли располагаются относительно неглубоко.

Морфология корней – это только отправная точка для взаимного сосуществования. Корни не являются обособленными системами, они интегрированы в среду, протяженны, и, хотя имеют разные степени поглощения различных питательных веществ в разное время, они также имеют многочисленные высокочувствительные отростки и ответвления, которые поддерживают и в то же время осуществляют коммуникацию между собственными корневыми клетками, между клетками корней своего растения и чужого, между клетками корней и микроорганизмами, грибами, насекомыми [Witzany 2006, 173]. Для поддержания такого коммуникационного процесса растение должно обладать высокой компетентностью в коммуникации, чтобы уметь различать химические вещества-сообщения и реагировать в соответствии со своим собственным выбором. На данный момент мы можем сказать, что морфология корней кукурузы, фасоли и тыквы вместе с их способностями к восприятию и обнаружению позволяет им избегать прямой конкуренции за ресурсы [Postma, Lynch 2012, 533]. Более того, согласно наблюдениям исследовательской группы по биогеонаукам [Deng et al. 2016], «три сестры» не нуждаются в человеческом вмешательстве, будь то обработка почвы рыхлением, полив или внесение удобрений, поскольку их система гомеостатична. Результаты несколько варьируют в зависимости от местности: в северных и южных частях вмешательство человека дает положительный эффект в виде большего урожая, но в центральном районе вмешательство человека имеет нулевой эффект. Гомеостатическая симбиотическая связь тыквы, кукурузы и фасоли дает все необходимое для роста, безопасности, плодоношения. На взгляд автора, «три сестры» могут являться хорошим примером *semiotic fitting* (*семиотической подгонки*), по крайней мере с точки зрения прагматизма и, возможно, где-то симпатии.

Если же в окружающей среде нет подходящих компаньонов, растение вынуждено создавать новые *скаффолды*, использовать дру-

гие стратегии по *осваиванию зоны ближнего развития*, как это делает, например, кукуруза, произрастая на бедной почве. Тогда она использует генетическую память, чтобы отрастить воздушные корни, выделяя сладкий экссудат, привлекающий азотфиксирующие бактерии, создавая собственные симбиотически-семиотические отношения.

Конечно, этот пример взаимодействия «трех сестер» оставляет больше вопросов, чем отвечает на заданный: о наличии фитосемиозиса. Автор отдает себе отчет в том, что, хотя и заявил об экзосемиозисе трех растений, чье поведение так или иначе связано со схемой «стимул–реакция», важно было бы интегрировать и исследования о взаимодействии эндогенных и экзогенных факторов, которые также определяют поведение существа. Следующее. Когда мы говорим об эндогенной составляющей, то как раз возникает вопрос о том, что в онтологической картине называется *сознанием*, личностью, внутренним миром, или *Innenwelt*, как называл это Якоб фон Иксюль. И здесь – одно дело, когда мы говорим об *интеллекте* как способности умно решать необходимые задачи, другое дело, что необходимо соотнести растения с общей типологией психик, которые существуют в общей психологии, ведь сейчас признают психизм у микроорганизмов, в том числе одноклеточных. Этот вопрос остается также открытым.

Следующие вопросы, которые требуют дальнейшего исследования, касаются непосредственно приведенного выше примера о симбиозе «трех сестер». Необходимо подробное исследование того, является ли взаимодействие кукурузы, тыквы и фасоли семиотическим или химическим. Биосемиотические реакции не определяются химико-термическими реакциями, а определяются семиотическим средством. Нужно понимать, являются ли отношения между некоторыми сортами тыквы, некоторыми сортами кукурузы и некоторыми сортами фасоли химической кинетикой, и тогда это будут просто нормальные биохимические взаимодействия метаболитов, или же там будут отдельные взаимодействия отдельных молекул со специфическими рецепторами, которые будут работать наперекор всей химической кинетике, являя биосемиозис.

А также еще один вопрос, который все более мне не дает покоя: сможем ли мы, люди, описать своим, человеческим, языком нечеловеческое надлежащим образом? И что в данном случае будет «надлежащим»?

БИБЛИОГРАФИЯ

- Борисов и др. 2019 – Борисов Е. В., Ладов В. А., Мелик-Гайказян И. В., Найман Е. А., Суровцев В. А., Юрьев Р. А. Проблемы современной философии языка / под ред. Е. В. Борисова. Томск: Изд. Дом Том. гос. ун-та, 2019.
- Князева 2015 – Князева Е. Н. Понятие “Umwelt” Якоба фон Иксюля и его значимость для современной эпистемологии // Вопросы философии. 2015. Т. 5. С. 30–44.
- Манкузо 2019 – Манкузо С. Революция растений / пер. с ит. М. С. Соколовой. М.: Эксмо, 2019.
- Мелик-Гайказян 1997 – Мелик-Гайказян И. В. Информационные процессы и реальность. М.: Наука, Физматлит, 1997.
- Мелик-Гайказян 2022 – Мелик-Гайказян И. В. Семиотическая диагностика расщепления траекторий мечты о прошлом и мечты о будущем // Электронный научно-образовательный журнал «История». 2022. Т. 13, № 4 (114). doi: 10.18254/S207987840021199-7
- Чебанов 1998 – Чебанов С. В. Герменевтические аспекты энлога как квазиперсонального воздействия // Структурная и прикладная лингвистика: межвуз. сб. / под ред. А. С. Герда. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1998. Вып. 5. С. 19–27.
- Чебанов 2021 – Чебанов С. В. Биосемиотика. Лекция 1 // YouTube канал Bioherm. URL: www.youtube.com/watch?v=NtN4yfAq7pU&list=PL3EiudK8zwFpgiacKhtlVb3CZJiS_LFly&index=41
- Anderson et. al. 1984 – Anderson M., Deely J., Krampen M., Ransdell J., Sebeok T.H., Uexküll T. von. A Semiotic Perspective on the Sciences: Steps toward a New Paradigm // Semiotica. 1984. Vol. 44. P. 7–47.
- Bais 2015 – Bais H. P. Shedding light on kin recognition response in plants // New Phytologist. 2015. Vol. 205 (1). P. 4–6. doi: 10.1111/nph.13155
- Calvo, Sahi, Trewavas 2017 – Calvo P., Sahi V. P., Trewavas A. Are plants sentient? // Plant Cell Environ. 2017. Vol. 40 (11) P. 2858–2869. doi: 10.1111/pce.13065
- Срепу, Casal 2015 – Срепу М. А., Casal J. J. Photoreceptor-mediated kin recognition in plants // New Phytologist. 2015. № 205. P. 329–338.
- Darwin 1880 – Darwin C. The Power of Movement in Plants. London: John Murray, Albemarle Street, 1880.
- Deng et al. 2016 – Deng Q., Hui D., Wang J., Yu C.-L., Li C., Reddy K. C., Dennis S. Assessing the impacts of tillage and fertilization management on nitrous oxide emissions in a cornfield using the DNDC model // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. 2016. Vol. 121 (2). P. 337–349. doi: 10.1002/2015jg003239

- Dexter, Prabakaran, Gunawardena 2019 – *Dexter J. P., Prabakaran S., Gunawardena J.* A Complex Hierarchy of Avoidance Behaviors in a Single-Cell Eukaryote // *Current Biology*. 2019. Vol. 29. P. 4323–4329. doi: 10.1016/j.cub.2019.10.059
- Fromm, Lautner 2012 – *Fromm J., Lautner S.* Generation, Transmission, and Physiological Effects of Electrical Signals in Plants // *Plant Electrophysiology* / ed. by A. Volkov. Berlin; Heidelberg: Springer, 2019. P. 207–232. doi: 10.1007/978-3-642-29110-4_8
- Gagliano et al. 2014 – *Gagliano M., Renton M., Depczynski M., Mancuso S.* Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters // *Oecologia*. 2014. № 175. P. 63–72. doi: 10.1007/s00442-013-2873-7
- Gentry 1969 – *Gentry H.* Origin of the Common Bean, *Phaseolus vulgaris* // *Economic Botany*. 1969. Vol. 23 (1). P. 55–69.
- Hart 2008 – *Hart J. P.* Evolving the Three Sisters: The Changing Histories of Maize, Bean, and Squash in New York and the Greater Northeast. URL https://www.researchgate.net/profile/John-Hart-24/publication/216819974_Evolving_the_Three_Sisters_The_Changing_Histories_of_Maize_Bean_and_Squash_in_New_York_and_the_Greater_Northeast/links/5d993412299bf1c363fb2dab/Evolving-the-Three-Sisters-The-Changing-Histories-of-Maize-Bean-and-Squash-in-New-York-and-the-Greater-Northeast.pdf
- Jablonka, Lamb 1998 – *Jablonka E., Lamb M. J.* Epigenetic inheritance in evolution // *Journal of Evolutionary Biology*. 1998. № 11 (2). P. 159–183. doi: 10.1046/j.1420-9101.1998.11020159.x
- Khattar et al. 2022 – *Khattar J., Calvo P., Vandebroek I., Pandolfi C., Dahdouh-Guebas F.* Understanding interdisciplinary perspectives of plant intelligence: Is it a matter of science, language, or subjectivity? // *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2022. Vol. 18 (1). doi: 10.1186/s13002-022-00539-3
- Kull 2016 – *Kull K.* The Biosemiotic Concept of the Species // *Biosemiotics*. 2016. № 9. P. 61–71. doi: 10.1007/s12304-016-9259-2
- Kull 2018 – *Kull K.* On the Logic of Animal Umwelten: The Animal Subjective Present and Zoosemiotics of Choice and Learning // *Semiotics of Animals in Culture* / ed. by G. Marrone, D. Mangano. Cham: Springer, 2018. P. 135–148. (Biosemiotics; vol. 17). doi: 10.1007/978-3-319-72992-3_10
- Kull 2000 – *Kull K.* An introduction to phytosemiotics: Semiotic botany and vegetative sign systems // *Sign Systems Studies*. 2000. № 28. P. 326–350.

- Kull 2020 – Kull K. Semiotic Fitting and the Nativeness of Community // Biosemiotics. 2020. № 13. P. 9–19
- Kull 2022 – Kull K. The aim of extended synthesis is to include semiosis // Theoretical Biology Forum. 2022. Vol. 115, is. 1/2. P. 119–132. doi: 10.19272/202211402008
- Munafò et al. 2017 – Munafò M. R., Nosek B. A., Bishop D., Button K., Chambers C., Percie du Sert N., Simonsohn U., Wagenmakers E., Ware J. J., Ioannidis J. A manifesto for reproducible science // Nature human behaviour. 2017. Vol. 1. Art. 0021. doi: 10.1038/s41562-016-0021
- Murphy 2007 – Murphy D. J. People, Plants and Genes. Oxford University Press, 2007.
- Novoplansky 2019 – Novoplansky A. What plant roots know? Seminars in Cell and Developmental Biology. 2019. № 92. P. 126–133.
- Postma, Lynch 2012 – Postma J. A., Lynch J. P. Complementarity in root architecture for nutrient uptake in ancient maize/bean and maize/bean/squash polycultures // Annals of Botany. 2012. Vol. 110, is. 2. P. 521–534. doi: 10.1093/aob/mcs082
- Segundo-Ortin, Calvo 2021 – Segundo-Ortin M., Calvo P. Consciousness and cognition in plants // WIREs Cognitive Sciences. 2021. Vol. 13 (13). doi: 10.1002/wcs.1578
- Simard 2021 – Simard S. Finding the mother tree. Discovering the Wisdom of the Forest. New York, 2021.
- Trewavas 2003 – Trewavas A. Aspects on Plant Intelligence // Annals of Botany. 2003. № 92. P. 1–20. doi: 10.1093/aob/mcg101
- Uexküll 1957 – Uexküll J. von. A Stroll through the Worlds of Animals and Men // Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept. New York: International Universities Press, 1957. P. 8–11.
- Uexküll 1982 – Uexküll J. von. The theory of meaning. Semiotica. 1982 [1940]. № 42 (1). P. 25–82.
- Volkov, Markin 2012 – Volkov A. G., Markin V. S. Phytosensors and Phytoactuators // Plant Electrophysiology / ed. by A. Volkov. Berlin; Heidelberg: Springer, 2012. P. 173–206. doi: 10.1007/978-3-642-29110-4_7
- Witzany 2006 – Witzany G. Plant Communication from Biosemiotic Perspective // Plant Signaling & Behavior. 2006. Vol. 1 (4). P. 169–178. doi: 10.4161/psb.1.4.3163

REFERENCES

- Anderson, M., Deely, J., Krampen, M., Ransdell, J., Sebeok, T. H., & Uexküll, T. V. (1984). A Semiotic Perspective on the Sciences: Steps toward a New Paradigm. *Semiotica*, 44, 7–47.

- Bais, H. P. (2015). Shedding light on kin recognition response in plants. *New Phytologist*, 205(1), 4–6. <https://doi.org/10.1111/nph.13155>
- Borisov, E. V., Ladov, V. A., Melik-Gaykazyan, I. V., Nayman, E. A., Surovtsev, V. A., & Yur'ev, R. A. (2019). *Problemy sovremennoy filosofii yazyka* [Problems of modern philosophy of language]. Tomsk State University. (In Russian).
- Calvo, P., Sahi, V. P., & Trewavas, A. (2017). Are plants sentient? *Plant Cell Environ*, 40(11), 2858–2869. <https://doi.org/10.1111/pce.13065>
- Chebanov, S. V. (1998). Hermeneutic aspects of enlague as quasi-personal interaction. In A. S. Gerd (Ed.), *Structural and applied linguistics* (vol. 5, pp. 19–27). Saint Petersburg University Press. (In Russian).
- Chebanov, S. V. (2021). *Biosemiotics. Lecture 1*. YouTube channel bioherm. www.youtube.com/watch?v=NtN4yfAq7pU&list=PL3Eiud-K8zwFpgiacKhtlVb3CZJiS_LFly&index=41 (In Russian).
- Crepny, M. A., & Casal, J. J. (2015). Photoreceptor-mediated kin recognition in plants. *New Phytologist*, 205, 329–338
- Darwin, C. (1880). *The Power of Movement in Plants*. John Murray, Albermarle Street.
- Deng, Q., Hui, D., Wang, J., Yu, C.-L., Li, C., Reddy, K. C., Dennis, S. (2016). Assessing the impacts of tillage and fertilization management on nitrous oxide emissions in a cornfield using the DNDC model. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121(2), 337–349. <https://doi.org/10.1002/2015jg003239>
- Dexter, J. P., Prabakaran, S., & Gunawardena, J. (2019). A Complex Hierarchy of Avoidance Behaviors in a Single-Cell Eukaryote. *Current Biology*, 29, 4323–4329. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.059>
- Fromm, J., & Lautner, S. (2012). Generation, Transmission, and Physiological Effects of Electrical Signals in Plants. In A. Volkov (Ed.), *Plant Electrophysiology* (pp. 207–232). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29110-4_8
- Gagliano, M., Renton, M., Depczynski, M., & Mancuso, S. (2014). Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*, 175, 63–72. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2873-7>
- Gentry, H. (1969). Origin of the Common Bean, *Phaseolus vulgaris*. *Economic Botany*, 23(1), 55–69.
- Hart, J. P. (2008). Evolving the Three Sisters: The Changing Histories of Maize, Bean, and Squash in New York and the Greater Northeast. In John P. Hart (Ed.), *Current Northeast Paleoethnobotany II* (pp. 87–99). The University of the State of New York. https://www.researchgate.net/profile/John-Hart-24/publication/216819974_

- Evolving_the_Three_Sisters_The_Changing_Histories_of_Maize_Bean_and_Squash_in_New_York_and_the_Greater_Northeast/links/5d993412299bf1c363fb2dab/Evolving-the-Three-Sisters-The-Changing-Histories-of-Maize-Bean-and-Squash-in-New-York-and-the-Greater-Northeast.pdf
- Jablonka, E., & Lamb, M. J. (1998). Epigenetic inheritance in evolution. *Journal of Evolutionary Biology*, 11(2). 159–183. doi: 10.1046/j.1420-9101.1998.11020159.x
- Khattar, J., Calvo, P., Vandebroek, I., Pandolfi, C., & Dahdouh-Guebas, F. (2022). Understanding interdisciplinary perspectives of plant intelligence: Is it a matter of science, language, or subjectivity? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00539-3>
- Knyazeva, H. N. (2015). Jacob von Uexkühl's concept of "Umwelt" and its significance for modern epistemology. *Voprosy filosofii*, 5, 30–44. (In Russian).
- Kull, K. (2000). An introduction to phytosemiotics: Semiotic botany and vegetative sign systems. *Sign Systems Studies*, 28, 326–350.
- Kull, K. (2016). The Biosemiotic Concept of the Species. *Biosemiotics*, 9, 61–71. doi: 10.1007/s12304-016-9259-2
- Kull, K. (2018). On the Logic of Animal Umwelten: The Animal Subjective Present and Zoosemiotics of Choice and Learning. In G. Marone, & D. Mangano (Eds.), *Semiotics of Animals in Culture: Zoosemiotics 2.0* (pp. 135–148). Springer Verlag.
- Kull, K. (2020). Semiotic Fitting and the Nateness of Community. *Biosemiotics*, 13, 9–19.
- Kull, K. (2022). The aim of extended synthesis is to include semiosis. *Theoretical Biology Forum*, 115(1/2), 119–132. doi.org/10.19272/202211402008
- Mancuso, S. (2019). Plant Revolution. Eksmo. (In Russian).
- Melik-Gaykazyan, I. V. (1997). *Informatsionnye protsessy i real'nost'* [Information processes and reality]. Fizmatlit. (In Russian).
- Melik-Gaykazyan, I. V. (2022). Semiotic diagnostics of the trajectory splitting between a dream of the past and dream of the future. *Istoriya*, 13:4(114). <https://doi.org/10.18254/S207987840021199-7> 2022 (In Russian).
- Munafò, M. R., Nosek, B. A., Bishop, D., Button, K., Chambers, C., Perce du Sert, N., Simonsohn, U., Wagenmakers, E., Ware, J. J., & Ioannidis, J. (2017). A manifesto for reproducible science. *Nature Human Behaviour*, 1, Article 0021. doi:10.1038/s41562-016-0021
- Murphy, D. J. (2007). *People, Plants and Genes*. Oxford University Press.

- Novoplansky, A. (2019). What plant roots know? *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 92, 126–133
- Postma, J. A., & Lynch, J. P. (2012). Complementarity in root architecture for nutrient uptake in ancient maize/bean and maize/bean/squash polycultures. *Annals of Botany*, 110(2), 521–534 <https://doi.org/10.1093/aob/mcs082>
- Segundo-Ortin, M., & Calvo, P. (2021). Consciousness and cognition in plants. *WIREs Cognitive Sciences*, 13(13). doi:10.1002/wcs.1578
- Simard, S. (2021). *Finding the mother tree. Discovering the Wisdom of the Forest*. Knopf.
- Trewavas, A. (2003). Aspects on Plant Intelligence. *Annals of Botany*, 92, 1–20. doi:10.1093/aob/mcg101
- Uexküll, J. von. (1957). A Stroll through the Worlds of Animals and Men. In: *Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept* (pp. 8–11). International Universities Press.
- Uexküll, J. von. (1982). The theory of meaning. *Semiotica*, 42(1), 25–82.
- Volkov, A. G., & Markin, V. S. (2012). Phytosensors and Phytoactuators. In A. Volkov (Ed.), *Plant Electrophysiology* (pp. 173–206). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29110-4_7
- Witzany, G. (2006). Plant Communication from Biosemiotic Perspective, *Plant Signaling & Behavior*, 1(4), 169–178. <https://doi.org/10.4161/psb.1.4.3163>

Материал поступил в редакцию 14.07.2022

Материал поступил в редакцию после рецензирования 20.01.2023