

АБСТРАГИРОВАНИЕ И АБСТРАКЦИИ В ОПТИКЕ НЕЙРОНАУКИ*

Бажанов Валентин Александрович – доктор философских наук, исследователь. Межрегиональная общественная организация «Русское общество истории и философии науки». 105062, Российская Федерация, Москва, Лялин пер., 1/36, стр. 2; e-mail: vbazhanov@yandex.ru



В статье показано, что интерпретация процесса абстрагирования и использование различных абстракций соответствуют тенденциям, связанным с натуралистическим поворотом в современных когнитивных исследованиях и нейронауке. Поскольку логика оперирования абстракциями предполагает не просто акты отвлечения от несущественных деталей предмета, но и пополнение образа за счет идеализации, наделение предмета, вообще говоря, отсутствующими у него свойствами, то абстракция выражает не только активность познающего субъекта, но факт «замыкания» этой активности на определенного рода онтологии. Последняя – в духе идеи априоризма И. Канта – является функцией эпистемологических установок и характера деятельности субъекта. Поэтому в контексте современных исследований в нейронауке можно говорить о деятельностном типе трансцендентализма. Эффективным инструментом порождения абстракций выступает метафора, которая, с одной стороны, позволяет вписать объект анализа в более или менее привычный контекст, а с другой – продуцирует новые абстракции. Натуралистические тенденции проявляются и в том, что, как эмпирически установлено, абстрагирование возбуждает определенные нейронные сети мозга, причем абстрактные и конкретные понятия «обрабатываются» различными частями мозга. Если иметь в виду наличие абстракций различного уровня, то могут возбуждаться не только сети нейронов, но даже и отдельные нейроны (называемые «концептуальными»). Возбуждение нейронных сетей связано с пониманием смысла некоторых понятий, но в то же время активность этих сетей предполагает «препарирование» реальности под некоторым углом зрения, задаваемым в общем случае целями, установками и деятельностью субъекта.

Ключевые слова: абстрагирование, абстракции, онтология, нейронаука, натурализм, эпистемологическая фокусировка

ABSTRACTION THROUGH THE LENS OF NEUROSCIENCE

Valentin A. Bazhanov – DSc in Philosophy, Researcher. Interregional Non-Governmental Organization “Russian Society for History and Philosophy of Science”.

The interpretation of the abstraction process and the use of various abstractions are consistent with the trends associated with the naturalistic turn in modern cognitive and neural studies. Logic of dealing with abstractions presupposes not only acts of digress from the insignificant details of the object, but also the replenishment of the image due to idealization, endowing the object with properties that are absent from it. Thus, abstraction expresses

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, проект № 21-18-00428 в Русском обществе истории и философии науки.



1/36 Lyalin lane, bd. 2,
105062, Moscow, Russian Fed-
eration;
e-mail: vbazhanov@yandex.ru

not only the activity of the subject but the fact of "locking" this activity on a certain kind of ontology as well. The latter, in the spirit of I. Kant's apriorism, is a function of epistemological attitudes and the nature of the subject's activity. Therefore, in the context of modern neuroscience, we can mean the transcendentalism of activity type. An effective tool for comprehension of abstractions making and development is a metaphor, which, on the one hand, allows submerge the object of analysis into a more or less familiar context, and on the other hand, it may produce new abstractions. Naturalistic tendencies manifested in the fact that empirically established abstractions activate certain neural brain networks, and abstract and concrete concepts are "processed" by various parts of the brain. If we keep in mind the presence of different levels abstractions then not only neural networks but even individual neurons (called "conceptual") can be excited. The excitation of neural networks is associated with understanding the meaning of some concepts, but at the same time, the activity of these networks presupposes the "dissection" of reality due to a certain angle, determined in the general case by goals, attitudes and concrete practices of the subject.

Keywords: cognitive research, naturalism, neuroscience, abstraction, ontology, epistemological focus

Развитие когнитивных исследований и нейронауки в последние годы придает особую актуальность анализу таких важных познавательных процедур, как абстрагирование, формирования абстракций и идеализаций, зачастую имеющих первостепенное значение для достижения объективно-истинного знания, под углом зрения тех результатов и того инструментария, которые были здесь предложены. Думается, что это позволяет не только высветить те новые грани такого рода процедур, которые ранее ускользали от внимания, но и обогатить наши представления о познавательных механизмах в целом, что может открыть новые пространства для эпистемологических штудий.

В одной из статей, написанной незадолго до кончины, в первой половине 1950-х гг., Джон фон Нейман рассуждал о природе языка. Он считал, что любой естественный язык представляет собой «факт истории», а вовсе не абсолютную логическую необходимость. Аналогично, по его мнению, логика и математика также могут быть исторически случайными формами выражения, а «природа центральной нервной системы и применяемых в ней систем определенно свидетельствует, что положение вещей именно таково...». И далее: «Возможно, что, когда мы говорим о математике, мы обсуждаем некоторый вторичный язык, надстроенный над первичным языком, фактически используемым в нашей нервной системе» [Нейман, 1960. С. 59–60]. За семьдесят с лишним лет человеческие представления о мозге, его сложности, о связи мозга и математики, да и о языке существенно изменились. Однако, как считает лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине Ричард Аксель, по-прежнему «нам не известна логика, согласна которой активность и функцио-



нирование нейронов мозга трансформируется в наши мысли и действия». Между тем важным и в определенном смысле известным элементом в этой «логике» выступает процесс абстрагирования и формирования абстракций, благодаря которым сенсорная информация, поставляемая нашими органами чувств, которую можно считать своего рода «сырьем» для первичного языка мозга, преобразуется в другого рода язык, определяющий «наши познавательные способности и деятельность» [Axel, 2018, р. 1110, 1112]. Именно способность к созданию абстракций, абстрактных понятий является отличительной чертой человеческого мышления – тем качеством, которое возвышает сознание человека над когнитивным потенциалом других высокоорганизованных живых существ. Абстракции позволяют эффективно «свертывать», представлять в компактном виде громадные массивы сенсорной информации и тем самым в определенном аспекте существенно упрощать процесс познания мира человеком, а следовательно, придает ему возможность эффективной адаптации к изменяющимся внешним условиям.

Абстрагирование и формирование абстракций, между тем, процесс сложный, привлекающий внимание исследователей едва ли не на всех стадиях развития науки, которая по мере прогресса раскрывает всё новые и порой неожиданные его грани. Бурное развитие за последние десятилетия нейронауки, появление культурной и социальной нейронауки, а также таких ее разделов, как нейроэкономика, нейросоциология, нейроэтика, нейрополитология, нейротеология и т.п., раскрывают новые грани процессов абстрагирования и формирования абстракций и ставят задачи в контексте такой уже забрезжившей на горизонте философских наук дисциплины как *нейроэпистемология*. Задача анализа абстракций, которые используются в современной нейронауке, формулируется и нейрофизиологами [Borghi, Bukofski et al., 2017, р. 2].

Является ли абстракция лишь способом «упрощения», отвлечения от некоторых деталей предмета, его «рафинированным» отражением? Или же абстракция позволяет говорить о своего рода онтологии в виде активности некоторых фрагментов нейронных сетей мозга, а не только об онтологии в виде ментального образования, *прообраза*, непосредственного предмета, явления, ставшего основанием для формирования абстракции? Если процесс абстрагирования сопряжен с возбуждением нейронных сетей (т.е. имеет нейронные корреляты) и тем самым заставляет вспомнить о концепции кантовского априоризма, то в каком свете с точки зрения теории познания предстают ключевые абстракции, вовлеченные в познавательную деятельность, – абстракции отождествления, неразличимости, постоянства, индивидуации и т.д. и какой статус приобретают в этом случае такие науки, насыщенные абстрактными образованиями, как логико-математические (если назвать наиболее



фундаментальные, относящиеся к основаниям математики, то это абстракции актуальной, потенциальной, фактической бесконечности, число, множество, функция и т.д.)?

Что есть абстрагирование и абстракция?

И в зарубежной, и в отечественной литературе под операцией абстрагирования, имеющей результатом образование абстракций, понимают процедуру отвлечения от некоторых несущественных в определенном отношении свойств предметов и/или явлений [Rosen, 2017]. Эта процедура, которая ограничивает многообразие предметной области. Однако абстрагирование (и результат в виде абстракции) – это не только и часто даже не сколько отвлечение и/или обобщение, а еще, как настоятельно подчеркивал М.М. Новоселов, и пополнение первичного образа и опыта за счет идеализации, посредством воображения, наделяющего предмет отвлечения, вообще говоря, отсутствующими у него чертами. Если абстракция всегда «привязана» к некоторой онтологии, то идеализация – нет, поскольку наделяет предмет свойствами, которые у него фактически отсутствуют [Новоселов, 2010, с. 61]. Аналогичную мысль высказывают М. Стохов и М. ван Ламбалген: «Абстракция – это не только отрицание (имея в виду отвлечение от несущественных свойств. – В.Б.). Абстракция не изменяет онтологию явлений; она методологически и практически мотивирована, а не (в отличие от идеализации. – В.Б.) идеологически» [Stokhof, Lambalgen, 2011, p. 9]. Довольно редко обращают внимание на такую особенность идеализации, которая связана с тенденцией от нее избавиться уже после построения полной, детализированной модели предмета или явления [Batterman, 2009, p. 444]. В зарубежной англоязычной литературе, возможно, в силу специфики тезауруса, доминирует анализ не собственно процесса *абстрагирования* (abstraction – это обозначение и самого процесса, и результата), а природы и статуса *абстрактных объектов*, а также в определенных ситуациях *абстрактных и конкретных понятий*, причем последние мыслятся как онтологически заданные сущности во всем разнообразии их свойств, а «абстрактные понятия всегда включают какие-то отношения между иными понятиями» [Hayes, Kraemer, 2017, p. 2]. Абстракции – это те исторически детерминированные в смысле их содержания инструменты, которые определяют разрешающую способность, особенности *эпистемологической фокусировки*, равно как и множества базисных объектов и методологию процессов отвлечения и пополнения относящихся к ним свойств. Всё это интегрируется в «метод абстракции», который, в частности, воплощается в «концептуальной логике информации», фактически используемой



в конструировании сложных и сверхсложных систем [Floridi, 2017, p. 508–509]. Следуя идеям Г. Фреге, который сформулировал так называемый принцип Юма для тождества кардинальных чисел, и Б. Рассела, в математической логике число может быть представлено как репрезентация отношения равенства [Antonelli, 2010].

Любая абстракция «привязана» к определенному познавательному интервалу [Новоселов, 2010, с. 86]. *Интервал абстракции* задается информацией о возможных моделях абстракции, извлекаемой из смысловой и логической структуры этой абстракции, часто представляемой в синтаксической форме. Фактически речь идет об информации, неявно закодированной в абстракции. Если абстракция является продуктом процессов отвлечения и пополнения в силу активного характера человеческого мышления, то напрашивается заключение о том, что это всецело эпистемологическое понятие, хотя и образованное, разумеется, на некотором онтологическом фундаменте, причем сама онтология является производной от наших эпистемологических установок и соответствующих им сечений реальности. Если это понятие относится к абстрактному объекту, то, согласно традиционной логической интерпретации, оно является формой мышления, которое обобщает совокупности предметов по определенным, важным для данных познавательных целей признакам. Тем не менее современная нейронаука, энергично реализующая так называемую кантианскую программу исследований [Бажанов, 2019], заставляет пересмотреть традиционное понимание абстракции как формы мышления и замкнуть онтологические предпосылки репрезентации абстракции – в соответствие с этой программой – на функционирование тех или иных нейронных сетей мозга или даже отдельных нейронов. Тем самым и процесс отвлечения, и процесс пополнения в определенном смысле будет предопределяться спецификой «работы» данных сетей конкретного субъекта, которая в общем случае зависит от преследуемых им целей и характера деятельности. Кроме того, первостепенное значение имеют факторы, работающие на адаптацию субъекта к окружающей среде, часто функционирующие вне и помимо его рациональной сферы. Так, например, выделение некоторой движущейся фигуры на каком-то фоне происходит автоматически, поскольку фиксация и помещение в фокус внимания движущегося объекта отвечают задаче обеспечения его безопасности; к объектам же, сохраняющим свое пространственное положение, на время, достаточное для оценки опасности объекта, уже начавшего движение, внимание утрачивается. Этот факт был подтвержден остроумным экспериментом, замысел которого оказался достойным для изложения на страницах ведущего мирового журнала «Nature» [Tadin, Park, Dieter et al, 2019, p. 2–3], а статья с описанием эксперимента в известном научно-популярном журнале «Quanta magazine» вышла



с характерным названием «Ваш мозг решает, что Вам дозволено видеть» [Cerelewicz, 2019]. Вообще говоря, от целей и специфики деятельности субъекта зависит модус его восприятия действительности и угол зрения, под которым эта действительность «препарируется». Таким образом, классическая идея трансцендентализма И. Канта преобразуется в идею *трансцендентализма деятельностиного типа*, имея в виду довольно выраженную даже на физиологическом уровне зависимость состояния и функционирования мозга от конкретной активности и интенций его носителя (например, экспериментально установлено, что определенные участки мозга у водителей такси в запутанных лабиринтах улиц и переулков Лондона и у музыкантов, регулярно оттачивающих свое мастерство, изменяются и сохраняются в таком состоянии еще некоторое время после завершения данного типа деятельности). Трансцендентализм здесь выступает не как своего рода спекулятивная, умозрительная идея, а идея, отвечающая и духу, и букве заметного натуралистического поворота в современной науке.

Апелляция к концептуальному наследию И. Канта при осмыслении (классического) метода абстрагирования естественна, поскольку этот метод «кантианский по своей природе» и, более того, он может считаться и «антиметафизическим также в кантианском духе»... Вполне допустимо ввести понятие и уровней метода абстрагирования, своего рода методологию «левелизма (levelism)», развивающую классический метод абстракции [Floridi, 2008, p. 318, 304].

Думается, что идею о деятельностином типе трансцендентализма с учетом ее онтологической основы в виде активности тех или иных нейронных образований и использования в познании определенных абстракций можно также интерпретировать под углом зрения «обратного» принципа Кюри в его «слабой» версии. Если «прямой» принцип Кюри говорит о том, что на уровне индивида социум и культура несут ответственность за «конфигурацию» мозга, имея в виду перестройку его физиологических механизмов и активности в зависимости от характера социально-культурного контекста, генерируя представления о «социальном мозге» [Бажанов, 2020], то «обратный» принцип Кюри гласит, что «архитектоника» мозга и абстракции, которыми он оперирует, некоторым образом конфигурируют уже и социум, и культуру. Таким образом формируется целостная система «мозг – социум – культура», пронизанная сетями обратных связей. В самом общем виде здесь принято говорить об индивидуалистских и коллективистских культурах, в которых доминируют носители с разными особенностями ментальной активности и в определенной степени разными механизмами формирования абстракций.



Онтология ментальных конструкций

Слова, обозначающие абстракции, являются своего рода конструкциями, которые не только активизируют те или иные ментальные состояния, но и способствуют обогащению тезауруса, т.е. порождают новые понятия. Этот процесс оказывается как бы самоподдерживающимся [Yee, 2019, p. 1261–1262]. Оперирование абстракциями позволяет мозгу быстрее обрабатывать поступающую из внешней реальности перцептивную информацию. Так, во многих европейских языках феномены, связанные с обонянием (а именно запахи), преимущественно описываются конкретными понятиями (пахнет лимоном, чесноком, сладкий, горький запах и т.п.). В словаре же этнической группы Jahai, обитающей в некоторых районах Малайзии и Таиланда, для запахов используются особые – абстрактные – понятия. Представители этой группы реагируют на запахи заметно быстрее европейцев [Borghi, Barka, Binkofski et al., 2017, p. 6]. Одна из важных функций абстракции под углом зрения процесса адаптации человека и его когнитивного потенциала – эффективное свертывание, представление в компактном виде перцептивной информации, что позволяет субъекту более оперативно реагировать на процессы, от которых зависит его повседневная активность, а порой и жизнь. Можно предположить, что в условиях тропиков – в отличие от северных народов, которые обитают в суровом климате с продолжительной зимой, когда уровень запахов в среде понижен – обоняние входит в состав первостепенных факторов, позволяющих осуществлять оперативную адаптацию.

Важным механизмом образования абстракций и абстрактных понятий выступают метафора и метонимия, которые в случае нейронауки также, приблизив неизвестный феномен к известной, привычной ситуации, поместив в уже, казалось бы, знакомый контекст, помогают вписать его в представления, в надежности и достоверности которых был шанс убедиться раньше. В современной нейронауке востребованы прежде всего атрибутивные и реляционные метафоры [Jamrozik, McQuire et al., 2016; Dove, Barca, Tummolini, 2020]. Именно эти типы метафор наиболее полно описывают наш сенсомоторный опыт и довольно широко используются в концепции энтивизма. Продолжение прорыва, который был очевиден в нейронауке последние пятнадцать–двадцать лет, даже в ведущем мировом научном журнале «Nature» всё более отчетливо связывается с поиском новых эвристически насыщенных метафор, которые помогут представить механизмы функционирования мозга и отдельных его нейросетей, пластичность и корреляцию с социокультурным контекстом, в языке, адекватном новым познавательным ситуациям [Casper, 2020, p. 24]. Впрочем, история применения метафор для понимания работы мозга восходит еще к Античности.



Абстрактные и конкретные понятия представлены, закодированы в различных частях мозга, поскольку сенсомоторный, лингвистический и социально-культурный опыт имеет различный «вес» при формировании и характеристике этих понятий. При этом абстрактные концепты с некоторой степенью условности можно поделить на четыре основных кластера: философские и религиозные (например, ценность), относящиеся к социальным качествам (например, вежливость), характеризующие эмоциональную сферу (например, озлобленность) и понятия, относящиеся к физическим, пространственно-временным и количественным характеристикам предметов и явлений [Villani, Lugli, Liuzza, Borghi, 2019, p. 404]. Высказывается мнение, что даже понятия, которые описывают одно и то же действие, в зависимости от интенций субъекта могут восприниматься мозгом как понятия различного уровня абстрактности. Эти уровни подчиняются своего рода дихотомическому делению: широкий – неширокий (узкий), воображаемый – невоображаемый (реальный), духовный – недуховный (телесный), притягательный – непритягательный (безобразный) и т.п., а также задаются своего рода вопросами, которые организуют деятельность субъекта. Скажем, согласно гипотезе «трех уровней» (обработки поступающей в мозг информации из внешнего мира), это «вычислительный» (иногда называемый семантическим) уровень вопросов о целях деятельности (почему, где, откуда?), «алгоритмический» (иногда называемый синтаксическим) о механизмах деятельности (как, каким образом?) и уровень, характеризующий применение результатов деятельности (как с физической точки зрения, в «металле» они воплощены?). Так, одно и то же действие, например, связанное с принятием какого-то решения, в зависимости от уровня его осмысления (интерпретации) субъектом и непосредственных целей может быть описано абстрактными понятиями, соответствующими названным выше уровням [Spunt, Kemmerer, Adolphs, 2016, p. 1149].

Абстрактные и конкретные понятия «обрабатываются» не только различными областями мозга; они активизируют разные нейронные сети, а в некоторых случаях и отдельные «концептуальные» нейроны. Так, задняя теменная кора (*inferior parietal cortex*) и затылочная доля (*occipitotemporal cortex*) мозга кодируют действия, выраженные в абстрактных терминах, а премоторная кора (*premotor cortex*) – только в конкретных понятиях [Wurm, Lingnau, 2015, p. 7729]. Некоторые исследования связывают обработку конкретных понятий с лобно-теменными областями мозга, а абстрактных – с задними его областями, которые также активизируются в процессах визуального восприятия [Gillard, Liberman, Maril, 2014, p. 939]. Что касается отдельных «концептуальных» нейронов, то они обычно располагаются в пределах медиальной височной доли (включая гиппокамп) и способны кодифицировать семантические абстракции



высокого уровня. Процедура обобщения понятий (например, от «буйвола» до «животного») можно рассматривать как иерархическое обобщение знаний, которое кодифицирует уже некоторую совокупность концептуальных ячеек [Carpia, Tyukoin, Makarov, 2020].

Разумеется, локализация функций мозга (своего рода редукция), связанных с действиями с абстрактными и конкретными понятиями, достаточно условна, поскольку фиксация возбуждений тех или иных нейронных сетей (т.е. их локализация) при использовании метода функциональной магнитно-резонансной томографии часто не может претендовать на абсолютную точность [Klein, 2010, p. 270–272; Khalidi, 2020, p. 7–9], но, тем не менее, нахождение такого рода областей важно для анализа процесса оперирования с понятиями. Впрочем, здесь имеются в виду не причинно-следственные зависимости, а о коррелятивные связи. Многообразие, сложность и роль этих связей в работе мозга стимулирует развитие интегративной нейронауки, активно использующей различные методы математического моделирования [Koutchebey, Tretter, Braun et al., 2016].

Функционирование нейронных сетей при возбуждении посредством абстрактных и/или конкретных понятий описывается в энактивизме таким образом: оно сопровождается активностью тех фрагментов сети, которые несут «ответственность» за действия или понимание смысла, предполагаемых этими понятиями [Quant, Lee, Chatterjee, 2017, p. 314]. С другой же стороны, эти нейронные сети обеспечивают препарирование реальности под углом зрения определенных абстракций и соответствующих им понятий. Деятельность человека и/или даже его привычки (например, читать слова и цифры слева направо, а у арабов справа налево) налагают следование определенным когнитивным установкам (связанным, скажем, с упорядочением ментальных образов); если речь идет о распределении чисел по мере их возрастания на горизонтальной геометрической оси, то слева направо или с правой стороны налево – в случае моноязычных арабов [Ganayim, Ibrahim, 2014, p. 164–165]. Таким образом, в данном процессе оказываются не просто тесно переплетенными онтогенетические и социально-культурные факторы, но фактически они в значительной степени порождают друг друга. Происходит своего рода взаимная «сонастройка» нейронных сетей, структурное сопряжение, используемых в акте познания абстракций и социокультурного контекста, соответствующего данной когнитивной ситуации. Поэтому эта ситуация может интерпретироваться как реализация системной стратегии, составляющей ядро метода биокультурного со-конструктивизма.

У человека обработка перцептивной информации осуществляется несколькими модулями мозга, каждый из которых выполняет специфическую функцию. Данные – ментальные по своей природе модули – упорядочивают человеческий опыт. Их статус также может быть связан с идеями кантовского априоризма [Krysztofiak, 2016, p. 6]:



субъект расчленяет объективный мир, пользуясь «оптикой», задаваемой в конечном счете этими нейронными модулями, – «оптикой», которая на уровне дискурса предстает как абстракция.

Заключение

Познавательная деятельность субъекта предполагает применение определенных абстракций, которые «задают» соответствующую им онтологию. Это касается и функционирования нейроструктур, связанных с «обработкой» абстракций и абстрактных понятий различного уровня. В свою очередь активность этих структур в известной степени определяет ракурс «членения» реальности (имея в виду, например, аналитический или холистический тип когнитивной активности). Социум, культура и мозг взаимодействуют и перестраиваются благодаря системам обратной связи, формируя целостную систему (динамика которой реконструируется в концепции биокультурного со-конструктивизма), причем пластичность мозга характерна не только для ранних стадий развития субъекта, но и в последующем. Абстрагирование оказывается эффективным средством и упрощения реальности, и ее пополнения (функция идеализации) благодаря, в частности, порождению метафор и выстраиванию абстракций в виде некоторых иерархий, отличающихся своей общностью. Абстракции несут ответственность за эпистемологическую точность теории, которая противостоит неточности опыта. Все эти процессы говорят в пользу переноса акцента на натуралистическую методологию в современных когнитивных исследованиях, что, однако, вовсе не подчеркивает сильные стороны социоцентризма, а ставит проблему полноценного синтеза натурализма и социоцентризма.

Список литературы

Бажанов, 2019 – *Бажанов В.А.* Мозг – культура – социум: кантианская программа в когнитивных исследованиях. М.: Канон+ РООИ «Реабилитация», 2019. 288 с.

Бажанов, 2020 – *Бажанов В.А.* Методологическое значение принципа Кюри для социальных наук // *Социология науки и технологий.* 2020. № 1. С. 53–62.

Нейман, 1960 – *Нейман Дж. фон.* Вычислительные машины и мозг // *Кибернетический сборник.* 1960. № 1. С. 11–60.

Новоселов, 2010 – *Новоселов М.М.* Абстракция в лабиринтах познания. Логический анализ. М.: Идея-Пресс, 2010. 408 с.

Antonelli, 2010 – *Antonelli A.G.* Numerical Abstraction via Frege Quantifier // *Notre Dame Journal of Formal Logic.* 2010. Vol. 51. No. 2. Pp. 161–179.



- Axel, 2018 – *Axel R. Q&A* // *Neuron*. 2018. Vol. 99. Pp. 1110–1112.
- Batterman, 2009 – *Batterman R.W.* Idealization and Modeling // *Synthese*. 2009. Vol. 169. Pp. 427–446.
- Borghi, Barka, Binkofski, 2018 – *Borghi A., Barka L., Binkofski F. et al.* Varieties of Abstract Concepts: Development, Use and Representation in the Brain // *Philosophical Transactions of Royal Society. B*. 2018. Vol. 373. Article 20170121.
- Borghi, Binkofski, 2017 – *Borghi A., Binkofski F., Castelfranchi C. et al.* The Challenge of Abstract Concepts // *Psychological Bulletin*. 2017. Vol. CXLIII. No. 3. Pp. 263–292.
- Carpia, Tyukin, Makarov, 2020 – *Carpia C., Tyukin I., Makarov V.* Universal Principles Justify the Existence of Concept Cells // *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. Article 7889.
- Casper, 2020 – *Casper S.* Neuroscience Needs Some New Ideas // *Nature*. 2020. Vol. 580. Pp. 23–24.
- Ceplewicz, 2019 – *Ceplewicz J.* Your Brain Chooses What to Let You See // *Quanta Magazine*. 2019. September 30. URL: <https://www.quantamagazine.org/your-brain-chooses-what-to-let-you-see-20190930> (дата обращения: 11.02.2021).
- Dove, Barka, Tummolini, 2020 – *Dove G., Barka L., Tummolini L. et al.* Words Have a Weight: Language as a Source of Inner Grounding and Flexibility in Abstract Concepts. Preprint. 2020.
- Floridi, 2008 – *Floridi L.* The Method of Levels of Abstraction // *Minds and Machines*. 2008. Vol. 18. Pp. 303–329.
- Floridi, 2017 – *Floridi L.* The Logic of Design as a Conceptual Logic of Information // *Minds & Machines*. 2017. Vol. 27. Pp. 495–519.
- Ganayim, Ibrahim, 2014 – *Ganayim D., Ibrahim R.* Number Processing of Arabic and Hebrew Bilinguals: Evidence Supporting the Distance Effect // *Japanese Psychological Research*. 2014. Vol. 56. No. 2. Pp. 153–167.
- Hayes, Kraemer, 2017 – *Hayes J.C., Kraemer D.J.M.* Ground Understanding of Abstract Concepts: the Case of STEM Learning // *Cognitive Research: Principles and Implementations*. 2017. Vol. 2. Article 7.
- Jamrozik, McQuire, 2016 – *Jamrozik A., McQuire M., Cardillo E.R., Chatterjee A.* Metaphor: Bridging Embodiment to Abstraction // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2016. Vol. 23. Pp. 1080–1089.
- Khalidi, 2020 – *Khalidi M.A.* Neural Correlates Without Reduction: the Case of the Critical Period // *Synthese*. 2020. Vol. 197 (5). Pp. 1–13.
- Klein, 2010 – *Klein C.* Images Are not the Evidence in Neuroimaging // *Brit. J. Phil. Sc.* 2010. Vol. 61. Pp. 265–278.
- Koutchebey, Tretter, Braun, 2016 – *Koutchebey B., Tretter F., Braun H. et al.* Methodological Problems on the Way to Integrative Human Neuroscience // *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 2016. Vol. 10. Article 41.
- Krysztofiak, 2016 – *Krysztofiak W.* Representational Structures of Arithmetical Thinking. Part 1. *Axiomates*. 2016. Vol. 26. № 1. Pp. 1–40.
- Quant, Lee, Chatterjee, 2017 – *Quant L., Lee Y.-S., Chatterjee A.* Neural Bases of Action Abstraction // *Biological Psychology*. 2017. Vol. 129. Pp. 314–323.
- Rosen, 2020 – *Rosen G.* Abstract Objects // *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/abstract-objects/> (дата обращения: 11.02. 2021).



Stokhof, Lambalgen, 2011 – *Stokhof M., Lambalgen M. van*. Abstractions and Idealizations: The Constructions of Modern Linguistics // *Theoretical Linguistics*. 2011. Vol. 37. No. 1–2. Pp. 1–26.

Tadin, Park, Dieter, 2019 – *Tadin D., Park W.J., Dieter K.C. et al.* Spatial Suppression Promotes Rapid Figure-Ground Segmentation of Moving Objects // *Nature Communications*. 2019. Vol. 10. Article 2732. Pp. 1–12.

Villani, Lugli, Liuzza, Borghi, 2019 – *Villani C., Lugli L., Liuzza M.T., Borghi A.M.* Varieties of Abstract Concepts and their Multiple Dimensions // *Language and Cognition*. 2019. Vol. 11. No. 3. Pp. 403–430.

Wurm, Lingnau, 2015 – *Wurm M.F., Lingnau A.* Decoding Actions at Different Levels of Abstraction // *The Journal of Neuroscience*. 2015. Vol. 35 (20). Pp. 7727–7735.

Yee, 2019 – *Yee E.* Abstraction and Concepts: When, How, Where, What and Why? // *Language, Cognition and Neuroscience*. 2019. Vol. 34. No. 10. Pp. 1257–1265.

References

Antonelli, A. G. “Numerical Abstraction via Frege Quantifier”, *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 2010, vol. 51, no. 2, pp. 161–179.

Axel, R. “Q&A”, *Neuron*, 2018, vol. 99, pp. 1110–1112.

Batterman, R.W. “Idealization and Modeling”. *Synthese*, 2019, vol. 169, pp. 427–446.

Bazhanov, V.A. *Mozg – Kul'tura – Sotsium. Kantianskaya programma v kognitivnykh issledovaniyakh* [Brain – Culture – Socium. Kantian Research Program in Cognitive Sciences]. Moscow: Kanon-plus, 2019, 288 pp. (In Russian)

Bazhanov, V.A. “Metodologicheskoye znachenie printsipa Kyuri dlya sotsial'nykh nauk” [The Curie Principle Methodological Significance for Social Sciences], *Sotsiologiya nauki i tekhnologii* [Sociology of Science and Technology], 2020, no. 1, pp. 53–62. (In Russian)

Borghi, A., Barka, L., Binkofski, F. et al. “Varieties of Abstract Concepts: Development, Use and Representation in the Brain”, *Philosophical Transactions of Royal Society. B.*, 2018, vol. 373, Article 20170121.

Borghi, A., Binkofski, F., Castelfranchi, C. et al. “The Challenge of Abstract Concepts”, *Psychological Bulletin*, 2017, vol. CXLIII, no. 3, pp. 263–292.

Carpia, C., Tyukin, I., Makarov, V. “Universal Principles Justify the Existence of Concept Cells”, *Scientific Reports*, 2020, vol. 10, Article 7889.

Casper, S. “Neuroscience Needs Some New Ideas”, *Nature*, 2020, vol. 580, pp. 23–24.

Ceplewicz, J. “Your Brain Chooses What to Let You See”, *Quanta Magazine*, 2019, September 30. [<https://www.quantamagazine.org/your-brain-chooses-what-to-let-you-see-20190930>, accessed on 11.03.2021].

Dove, G., Barka, L., Tummolin, L. et al. *Words Have a Weight: Language as a Source of Inner Grounding and Flexibility in Abstract Concepts*. Preprint. 2020.



Floridi, L. "The Method of Levels of Abstraction", *Minds and Machines*, 2008, vol. 18, pp. 303–329.

Floridi, L. "The Logic of Design as a Conceptual Logic of Information", *Minds & Machines*, 2017, vol. 27, pp. 495–519.

Ganayim, D., Ibrahim, R. "Number Processing of Arabic and Hebrew Bilinguals: Evidence Supporting the Distance Effect", *Japanese Psychological Research*, 2014, vol. 56, no. 2, pp. 153–167.

Hayes, J. C., Kraemer, D. J. M. "Ground Understanding of Abstract Concepts: the Case of STEM Learning", *Cognitive Research: Principles and Implementations*, 2017, vol. 2, Article 7.

Jamrozik, A., McQuire, M., Cardillo, E.R., Chatterjee A. "Metaphor: Bridging Embodiment to Abstraction", *Psychonomic Bulletin and Review*, 2016, vol. 23, pp. 1080–1089.

Khalidi, M. A. "Neural Correlates Without Reduction: the Case of the Critical Period", *Synthese*, 2020, vol. 197 (5), pp. 1–13.

Klein, C. "Images Are not the Evidence in Neuroimaging", *Brit. J. Phil. Sc.*, 2010, vol. 61, pp. 265–278.

Koutchebey, B., Tretter, F., Braun, H. et. al. "Methodological Problems on the Way to Integrative Human Neuroscience", *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 2016, vol. 10, Article 41.

Krysztosiak, W. "Representational Structures of Arithmetical Thinking. Part 1", *Axiomates*, 2016, vol. 26, no. 1, pp. 1–40.

Neumann, J. von. "Vychislitel'nyye mashiny i mozg" [The Computer and the Brain], *Kiberneticheskiy sbornik* [Cybernetic Collection], 1960, no. 1, pp. 11–60. (In Russian)

Novoselov, M.M. *Abstraktsiya v labirintakh poznaniya. Logicheskiy analiz* [Abstraction in the Labyrinths of Knowledge. Logical Analysis]. Moscow: Idea Press, 2010, 408 pp. (In Russian)

Quant, L., Lee, Y.-S., Chatterjee, A. "Neural Bases of Action Abstraction", *Biological Psychology*, 2017, vol. 129, pp. 314–323.

Rosen, G. "Abstract Objects", *Stanford Encyclopedia of Philosophy* [<https://plato.stanford.edu/entries/abstract-objects/>, accessed on 11.03.2021].

Stokhof, M., Lambalgen, M. van. "Abstractions and Idealizations: the Constructions of Modern linguistics", *Theoretical Linguistics*. 2011, vol. 37, No. 1-2, pp. 1–26.

Tadin, D., Park, W. J., Dieter, K. C. et al. "Spatial Suppression Promotes Rapid Figure-Ground Segmentation of Moving Objects", *Nature Communications*, 2019, Vol. 10, Article 2732, pp. 1–12.

Villani, C., Lugli, L., Liuzza, M.T., Borghi, A.M. "Varieties of Abstract Concepts and Their Multiple Dimensions", *Language and Cognition*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 403–430.

Wurm, M.F., Lingnau, A. "Decoding Actions at Different Levels of Abstraction", *The Journal of Neuroscience*, 2015, vol. 35 (20), pp. 7727–7735.

Yee, E. "Abstraction and Concepts: When, How, Where, What and Why?", *Language, Cognition and Neuroscience*, 2019, vol. 34, no. 10, pp. 1257–1265.