

УДК 165.12+159.95

DOI: 10.15372/PS20220307

**А.В. Голубинская****СОСТОЯНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КАК ЭФФЕКТЫ  
ПРЕДИКТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ\***

В статье рассмотрена типология неопределенности как состояния, которое может испытывать субъект теории предиктивного кодирования. Согласно данной теории, взаимодействие с внешней средой опосредовано нейронными фильтрами, «удаляющими» предсказуемые сигналы и позволяющими когнитивной системе сосредоточиться на разнице между ожидаемым и действительным. Предложена логическая структура предиктивных механизмов, выявлено два вида неопределенностей, возникающих на разных этапах работы этих механизмов (неопределенность возможного и неопределенность ожидаемого), а также несколько внутривидовых типов. Показано, что теория обладает эвристическим потенциалом для широкого круга исследований когнитивных процессов человека, особенно в рамках современных социально-философских концепций «турбулентности» и непредсказуемости.

*Ключевые слова:* предиктивное кодирование; предиктивная обработка; предиктивные модели; неопределенность; эпистемические затруднения; предиктивные затруднения

**A.V. Golubinskaya****STATES OF UNCERTAINTY AS THE EFFECTS OF PREDICTIVE  
CODING**

The article considers the typology of uncertainty as a state that a subject of predictive coding theory may experience. According to this theory, interaction with the external environment is mediated by neural filters that “remove” predictable signals and allow the cognitive system to focus on the difference between the expected and the actual. We propose a logical structure of predicative mechanisms and reveal two specific types of uncertainties arising at different stages of the work of these mechanisms (uncertainty of the possible and uncertainty of the expected), as well as several intraspecific types. We show that the theory

---

\* Работа выполнена в рамках НИР Н-490-99\_2021-2023 «Образы будущего и креативные практики: антропологический анализ социального проектирования и научного творчества в условиях неопределенности» на базе Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации (Программа стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»).

has a heuristic potential for a wide range of research on human cognitive processes, especially in the context of modern socio-philosophical concepts of “turbulence” and unpredictability.

*Keywords:* predictive coding; predictive processing; predictive models; uncertainty; epistemic difficulties; predictive difficulties

В XIX в. Г. Гельмгольц представил психофизиологическую программу, одной из задач которой стало объяснение связей между сознанием человека и сигналами, получаемыми при помощи органов чувств, в первую очередь слуховыми и зрительными. Идеи оказались настолько влиятельными, что впоследствии историки науки и психологи, например М.Г. Ярошевский, назвали немецкого ученого основоположником психофизиологии. Эмпирическое исследование познания у Гельмгольца сосредоточено вокруг трех центральных элементов: внешнего мира, органов, воспринимающих сигналы внешнего мира, и суждений человека, формирующихся в результате анализа этих сигналов. Он предложил теорию, согласно которой человеческий мозг анализирует чувственно поступающую информацию, чтобы придать смысл всему происходящему. Но что самое важное, анализируются лишь признаки, позволяющие идентифицировать сигнал по принципу подобия [11].

В середине XX в. в Лаборатории Белла, решая задачи сжатия данных при передаче изображения, исходили из предположения, что значение одного пикселя регулярно предсказывает значение соседних пикселей. Это означало, что передавать все изображение целиком не обязательно, достаточно лишь закодировать разницу, т.е. те случаи, когда фактическое отличается от предсказанного [8].

В XXI в., в эпоху развития нейронаук, формируется теория предиктивного кодирования. Основная идея этой теории заключается в том, что предсказательная деятельность является фундаментальной функцией сознания: мозг принимает во внимание расхождение своих собственных моделей и входящей сенсорной информации и пытается найти оптимальный баланс между этими двумя источниками информации [14]. Предсказание – это догадка, т.е. наилучшее предположение или байесовская оптимальная оценка, основанная одновременно на получаемых сенсорных данных и на предшествующем опыте [18].

Предиктивное кодирование является образцом преемственности теорий, и говоря это, мы подразумеваем знаменатель, который теория предлагает огромному количеству научных гипотез: от

аристотелевской логики до «анализа через синтез» У. Джеймса, концепции когнитивных ниш и целого ряда совсем недавних открытий природы человеческого сознания. Подробный анализ проводят, например, Э. Кларк [8], Б. Миллидж, А. Сет и К.Д. Бакли [16], а П. Гладзиевски упоминает и античные философские корни подобных рассуждений [10]. Однако сегодня ни консенсус относительно определения термина «предиктивное» пока не достигнут, ни точный концептуальный аппарат теории еще не выработан [14].

В данной работе мы предлагаем посмотреть на самое главное отношение, которое возникает в контексте любой интерпретации идеи предиктивного кодирования, – отношение человека как воспринимающего внешний мир и мыслящего существа к неопределенности.

Если теория предиктивного кодирования работает, то ее механизм должен иметь как минимум трехкомпонентную структуру. Первый элемент – это предиктивная модель, т.е. гипотеза «о том, что происходит», формируемая на основе ранее полученного опыта. Второй элемент – это сумма сигналов, получаемых в текущий момент времени, которая позволяет определить, является ли текущий опыт идентичным той или иной модели, и выбрать наиболее релевантную модель. Такие сигналы служат нашим динамическим представлением об изменяющейся среде, которую мы стремимся предсказать, чтобы адаптировать свое поведение. Механизм обработки поступающих сигналов заключается в их классификации на предсказуемые и непредсказуемые. На примере анализа зрительных сенсоров было экспериментально показано, что динамика ганглиозных клеток сетчатки частично меняется в соответствии с требованиями предиктивного кодирования [12; 17]. Похожие заключения были сделаны при исследовании других перцептивных каналов, например при анализе акустического восприятия [6]. Это свидетельствует о том, что процессы сенсорной адаптации к предсказуемым средам отличаются от аналогичных процессов в непредсказуемой среде.

Далее, механизм такого кодирования должен включать в себя фильтры, которые удаляют предсказанные свойства, позволяя системе сосредоточиться на разнице между предиктивной моделью и суммой сигналов. Главная задача фильтров – это удаление корреляций между первым и вторым элементами. Еще в 1961 г. Х. Барлоу предложил гипотезу паролей: определенные классы стимулов вызывают специфические реакции, они рассматриваются как «пароли»,

которые необходимо отличать от всех других стимулов [4]. Можно сказать, что задача фильтров – не пропустить соответствующий пароль. Таким образом, в процессе классификации сигналов на предсказуемые и непредсказуемые первые фильтруются, что позволяет сосредоточиться на том, что невозможно предсказать.

Представленный механизм опосредует работу в двух направлениях: прогнозы «сверху вниз» и передачу ошибки прогноза «снизу вверх».

Предлагаемый тезаурус не является жестким. Эти три элемента – предиктивная модель, сумма сигналов и фильтры – являются одновременно и структурой, и этапами обработки информации, но, разумеется, выступают в качестве концептуальных объектов, т.е. они не существуют независимо друг от друга, а их разграничение служит исключительно исследовательским целям, давая возможность мысленно упорядочить онтологические свойства когниции в целом.

Процессы, образуемые таким механизмом, непрерывны и вариативны. Непрерывность связана с тем, что окружающая среда предсказуема лишь частично. Изменения в статистике сенсорной среды могут заключаться в изменении диапазона интенсивностей, изменении его корреляционной структуры или в том и другом [17]. В силу того, что состояния этой среды многочисленны, само моделирование стремится к вариативности. Будет ошибочным полагать, что модели различаются по одному ключевому явлению. Возможно, выбор модели для каждой из сумм сигналов можно представлять в виде древовидной структуры, в которой удовлетворение одного параметра влечет обработку следующего параметра. Это наблюдение позволяет заключить, что кодирование может быть эффективным и неэффективным, эффективность же зависит от того, насколько точно удалены корреляции между суммой сенсорных сигналов и выбранной моделью. Иными словами, насколько точно определены неопределенности.

Здесь становится заметно, что сенсорной системе не нужно сигнализировать о том, что предсказуемо, и не «корреляции», а «неопределенность» является фундаментальным понятием теории предиктивного кодирования. Восприятие и познание (с этой точки зрения) предстают перед исследователем в новом качестве: это процессы распознавания неопределенностей.

В теории познания статус неопределенности и смысл понятия «неопределенности» до конца не выявлены. Так, например, О.И. Со-

колова отмечает, что «ситуация неопределенности может быть описана либо теоретически, впоследствии, как бы оглядываясь назад на уже осуществленный акт познания, либо (что наиболее вероятно) может возникнуть в случае включения в субъект-объектные отношения еще как минимум одного субъекта» [1, с. 116]. Существует множество способов измерения неопределенности, но нашему исследованию соответствует ее толкование как отношения между двумя реальностями: модельной и «настоящей» [1, с. 65]. Очевидно, что «реальность», предлагаемая предиктивной моделью, – это и есть модельная реальность.

Неопределенность – это несоответствие между модельной реальностью и «настоящей» реальностью, и такое несоответствие влечет как минимум три разные конфигурации состояния неопределенности.

В одном случае неопределенность может возникать, когда сумма сенсорных сигналов не позволяет определить релевантную предиктивную модель. Животное, изъятное из естественной среды и помещенное в центр большого города, испытывает стресс, связанный с неспособностью обработать поступающие сигналы. Ни одна из выработанных ранее предиктивных моделей не влечет адаптацию к окружающей среде. Неопределенность такого типа – источник перцептивного любопытства, рефлекса «что это?», который побуждает к поиску дополнительных сигналов для выбора подходящей модели или, если это невозможно, для формирования новой. Или, к примеру, если человек оказывается в иноязычной среде, все лингвистические сигналы являются для него неопределенными.

Предиктивная модель – это, грубо говоря, гипотеза мозга о том, что вообще возможно, поэтому неопределенность, связанную с первичной неспособностью когнитивной системы определить релевантную модель, назовем неопределенностью возможного.

Как такая неопределенность может проявлять себя? На наш взгляд, ответ на этот вопрос можно найти в концепциях эпистемических затруднений [5; 7; 15, р. 74]. Несмотря на то что эти концепции обращены к особенностям рациональной деятельности без учета какого-либо организменного вклада, они достаточно четко описывают состояния неопределенности, которые человек вообще может испытывать. С. Бромберггер описал такие затруднения путем перечисления разных случаев, когда субъект находится в затруднении относительно суждения, хотя осознает, что суждение допускает

правильный ответ [5, р. 26–36]. Если использовать сложившуюся в данной статье терминологию, то можно представить эти случаи следующим образом.

*Случай 1:* сумма поступающих сигналов не позволяет определить ни одну релевантную модель, поскольку во всей совокупности жизненного опыта не существует ничего подобного (в оригинальной терминологии – «b-затруднение», от англ. beyond – за пределами). Здесь актуальны приведенные ранее примеры о диком животном в городской среде, о человеке в незнакомой языковой среде или любые другие, касающиеся невозможности быстрой адаптации к непредсказуемому окружению.

*Случай 2:* сумма поступающих сигналов позволяет определить несколько частично релевантных моделей («р-затруднение», от англ. puzzle – озадаченность [5, р. 90]). Если в первом случае анализируемые сигналы не указывают ни на что знакомое, то во втором случае все из релевантных моделей являются релевантными лишь частично. Как описывал это С. Бромберггер, среди всего множества верных решений нет такого, к которому нет возражений.

Представим математика, решающего гипотезу Римана. Его опыт (а результаты рациональной деятельности мы также относим к опытному источнику построения предиктивной модели) содержит множество предсказательных моделей относительно того, как должна быть решена математическая задача в целом. Однако ничто в имеющихся в его опыте моделях не указывает на возможность решения конкретно этой задачи, и ко всем из возможных решений имеются возражения. Мы можем представить этого математика сидящим в кабинете и часами обдумывающим решение и предположить, что он в некотором смысле осуществляет перепроверку фильтрации корреляций между тем, как задача должна быть решена, и тем, почему ни одно решение не работает.

Эти два случая сильно отличаются друг от друга, поскольку для того чтобы распознать неопределенность второго случая, необходимо иметь больше опыта взаимодействия с данной средой и, следовательно, большее количество предиктивных моделей. Так, можно сказать, что в первом случае неопределенность возможного является первичной (нет моделей), а во втором случае – вторичной (есть частично подходящие модели).

Дж.Р. Мартин предложила различать две формы вторичной неопределенности возможного, когда указала, что существуют ситуа-

ции, при которых некто может выбрать гипотетически верные ответы, как в первом случае С. Бромбергера, но не может найти никаких решительных возражений ни к одному из них («m-затруднение», от англ. mistake – ошибка) [15, p. 74]. Рассмотрим это как отдельный случай.

*Случай 3:* сумма поступающих сигналов позволяет определить несколько релевантных, но взаимоисключающих моделей. В отличие от случая 1, когда все признаки непредсказуемы, и случая 2, когда к каждой из имеющихся моделей есть «возражения», в случае 3 прослеживается нехватка разграничивающего признака, который позволит выбрать из нескольких гипотетически верных моделей единственно верную. Неопределенность такого типа следует из равновероятного прогноза нескольких взаимоисключающих сценариев.

Разница между случаями 2 и 3 не очевидна, но существенна. Для наглядности представим сравнение всех случаев в таблице.

### **Типы предиктивных затруднений (неопределенность возможного)**

Случай	Описание	Предиктивное затруднение	Тип неопределенности
Случай 1	Сумма поступающих сигналов не позволяет определить ни одну релевантную модель, поскольку во всей совокупности жизненного опыта не существует ничего подобного	Нет сценариев	Первичная неопределенность
Случай 2	Сумма поступающих сигналов позволяет определить несколько частично релевантных моделей	Несколько сценариев, каждый из которых не полностью соответствует сигналам	Вторичная неопределенность (требуются ранее сгенерированные модели для данной или аналогичной среды)
Случай 3	Сумма поступающих сигналов позволяет определить несколько релевантных, но взаимоисключающих моделей	Несколько полностью подходящих взаимоисключающих сценариев	

Выше мы говорили о неопределенности возможного, однако три обнаруженных случая такой неопределенности не универсальны

для теории предиктивной обработки. Все три случая являются ограниченными во времени, т.е. представляют собой опыт момента распознавания непредсказуемых сигналов. Посмотрим теперь на неопределенности, возникающие после фильтрации.

Представим, что никаких затруднений не образовалось, а модель была определена быстро и незаметно, но определена ошибочно и вместо ожидаемого исхода произошло нечто не предсказанное. Неопределенность ожидаемого характерна для случаев, когда выбранная на основе суммы сигналов предиктивная модель оказалась ошибочной. В животном мире «управление» таким типом неопределенности лежит в основе механизмов мимикрии, когда один организм имитирует другой при помощи цвета, формы, звука, а также в основе некоторого паразитического поведения. При этом неопределенность ожидаемого не обязательно является негативным переживанием – именно она лежит в основе некоторых форм игры, а если говорить об исключительных практиках человека, то азартных игр и любых алеаторных рисков. Теория предиктивного кодирования действительно дает изящное объяснение природы азарта: в отсутствие предсказуемых элементов предиктивные фильтры слабоактивны, и внимание человека сосредоточено на непредсказуемых элементах, из которых и состоит любой азартный опыт.

Однако наибольший интерес, – в первую очередь для дальнейших исследований эвристического потенциала теории предиктивной обработки, представляют ситуации, когда неопределенность избыточна, что нарушает адаптационные процессы.

Интенсивное переживание неопределенности ожидаемого может повлечь пересборку ранее сформированных моделей. Если, к примеру, территория будет подвергнута терраформированию, то населяющие ее организмы будут вынуждены перестраивать ранее построенные модели взаимодействия с природной средой. Предыдущие ошибки прогнозирования используются для обучения, т.е. для установления более точных корреляций между моделями и действительностью.

При этом очевидно, что чем более нестабильной является среда, тем выше риск непредвиденных результатов взаимодействия с ней, и скорость обновления предиктивных моделей должна быть адаптирована к шуму и изменчивости окружающей среды [13], а при значительно высоком уровне нестабильности модели уже не обновляются, а заменяются. В качестве примера можно вспомнить

эпохи научных революций, когда замене подлежат не просто убеждения о фактах, а метаубеждения о том, как интерпретировать факты. Когда мы говорим о научных революциях с точки зрения развития науки, то традиционно упоминаемые коперниканская, дарвиновская и фрейдовская революции характеризуют сдвиги в парадигмах, в эпистемологиях [9]. Однако когда мы говорим о научной революции как о среде, в которой существует рациональный субъект, то анализу подлежит и количество фундаментальных моделей, требующих замены.

Такую высокую нестабильность информационной среды все чаще обозначают термином «турбулентность». Турбулентная среда – это среда, характеризуемая поточной изменчивостью форм, структур, отношений [2], интерпретаций, теорий, полной неупорядоченностью и постоянным движением [3]. В этом случае способность распознавать релевантные модели становится практически невозможной, что особенно интересно при учете того факта, что неспособность подавления нерелевантной информации играет ключевую роль в традиционных объяснениях природы психотических симптомов [13]. «Зашумленная среда» делает определенные виды сигналов более или менее заметными, и в такой среде должен меняться сам режим предикции. Вопрос о том, что представляет собой такой режим и какие именно факторы внешней среды являются ключевыми для систематизации этих режимов, – вопрос пока открытый.

Представленный в статье анализ, как нам кажется, может служить обоснованием для последующих шагов в этом направлении. Такими шагами могут стать, например, исследования теории предиктивного кодирования и распознавания неопределенностей в области культурной экологии, урбанистики, психологии киберпространства.

## Литература

1. *Соколова О.И.* Понятие неопределенности в неклассической науке и философии: Дисс. ... канд. филос. наук: 09.01.00. ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Н. Новгород, 2020. 161 с.
2. *Щекотин Е.В.* Онтология «турбулентного социума»: понятия и принципы // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2015. № 12–4. С. 210–212.
3. *Щекотин Е.В.* Проблема благополучия в турбулентном социуме: аспект безопасности // Векторы благополучия: экономика и социум. 2017. № 4 (27). С. 74–83.

4. *Barlow H.B.* Possible principles underlying the transformation of sensory messages // *Sensory communication*. 1961. Vol. 1, No. 1. P. 217–234.
5. *Bromberger S.* On What We Know We Don't Know: Explanation, Theory, Linguistics, and How Questions Shape Them. University of Chicago Press, 1992. 237 p.
6. *Carbajal G.V., Malmierca M.S.* The Neuronal Basis of Predictive Coding Along the Auditory Pathway: From the Subcortical Roots to Cortical Deviance Detection // *Trends in Hearing*. 2018. Vol. 22. P. 1–33. DOI: 10.1177/2331216518784822.
7. *Carballo A.P.* Conceptual evaluation // *Conceptual Engineering and conceptual ethics*. Oxford University Press, 2020. P. 304–332. DOI: 10.1093/oso/9780198801856.003.0015.
8. *Clark A.* Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science // *Behavioral and brain sciences*. 2013. Vol. 36, No. 3. P. 181–204. DOI: 10.1017/S0140525X12000477.
9. *Floridi L.* The Fourth Revolution in our Self-Understanding // *Philosophy, Computing and Information Science*. London: Pickering and Chatto, 2014. P. 19–29.
10. *Gładziejewski P.* Predictive coding and representationalism // *Synthese*. 2016. Vol. 193, No. 2. P. 559–582. DOI: 10.1007/s11229-015-0762-9.
11. *Helmholtz H.* Handbuch der physiologischen Optik: mit 213 in den Text eingedruckten Holzschnitten und 11 Tafeln. Voss, 1867. 874 s.
12. *Hosoya T., Baccus S.A., Meister M.* Dynamic predictive coding by the retina // *Nature*. 2005. Vol. 436, No. 7047. P. 71–77. DOI: 10.1038/nature03689.
13. *Katthagen T., Fromm S., Wieland L., Schlagenhaut F.* Models of Dynamic Belief Updating in Psychosis – A Review Across Different Computational Approaches // *Frontiers in Psychiatry*. 2022. Vol. 13. DOI: 10.3389/fpsy.2022.814111.
14. *Kujala T., Lappi O.* Inattention and Uncertainty in the Predictive Brain // *Frontiers in Neuroergonomics*. 2021. Vol. 2. DOI: 10.3389/fnrgo.2021.718699.
15. *Martin J.R.* Explaining, understanding, and teaching. McGraw-Hill, 1970. 248 p.
16. *Millidge B., Seth A., Buckley C.L.* Predictive coding: a theoretical and experimental review. 2021. URL: arXiv preprint arXiv:2107.12979. – 2021.
17. *Nirenberg S., Bomash I., Pillow Y.W., Victor Y.D.* Heterogeneous response dynamics in retinal ganglion cells: the interplay of predictive coding and adaptation // *Journal of neurophysiology*. 2010. Vol. 103, No. 6. P. 3184–3194. DOI: 10.1152/jn.00878.2009.
18. *Shipp S.* Neural elements for predictive coding // *Frontiers in psychology*. 2016. Vol. 7. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.01792.

## References

1. *Sokolova, O.I.* (2020). Ponyatie neopredelennosti v neklassicheskoy nauke I filosofii: Diss. ... kand. filos. nauk [The Concept of Uncertainty in Non-classical Science and Philosophy: Thesis for the degree of Candidate of Philosophy]. Lobachevsky University, N. Novogorod, 161.
2. *Shchekotin, E.V.* (2015). Ontologiya “turbulentnogo sotsiuma”: ponyatiya i printsiipy [The ontology of the “turbulent society”: concepts and principles]. *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kulturologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki* [Historical, Philosophical, Political and Law Sciences, Culturology and Study of Art. Issues of Theory and Practice], 12-4, 210–212.
3. *Shchekotin, E.V.* (2017). Problema blagopoluchiya v turbulentnom sotsiume: aspekt bezopasnosti [The problem of wellbeing in the turbulent society: the security aspect]. *Vektory blagopoluchiya: ekonomika i sotsium* [Journal of Wellbeing Technologies], 4 (27), 74–83.

4. *Barlow, H.B.* (1961). Possible principles underlying the transformation of sensory messages. *Sensory Communication*, Vol. 1, No. 1, 217–234.
5. *Bromberger, S.* (1992). *On What We Know We Don't Know: Explanation, Theory, Linguistics, and How Questions Shape Them*. University of Chicago Press, 237.
6. *Carbajal, G.V. & M.S. Malmierca.* (2018). The neuronal basis of predictive coding along the auditory pathway: from the subcortical roots to cortical deviance detection. *Trends in Hearing*, 22, 1–33. DOI: 10.1177/2331216518784822.
7. *Carballo, A.P.* (2020). Conceptual evaluation. In: *Conceptual Engineering and Conceptual Ethics*. Oxford University Press, 304–332. DOI: 10.1093/oso/9780198801856.003.0015.
8. *Clark, A.* (2013). Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 36, No. 3, 181–204. DOI: 10.1017/S0140525X12000477.
9. *Floridi, L.* (2014). The fourth revolution in our self-understanding. In: *Philosophy, Computing and Information Science*. London, Pickering and Chatto, 19–29.
10. *Gładziejewski, P.* (2016). Predictive coding and representationalism. *Synthese*, Vol. 193, No. 2, 559–582. DOI: 10.1007/s11229-015-0762-9.
11. *Helmholtz, H.* (1867). *Handbuch der physiologischen Optik: mit 213 in den Text eingedruckten Holzschnitten und 11 Tafeln*. Voss, 874.
12. *Hosoya, T., S.A. Baccus & M. Meister.* (2005). Dynamic predictive coding by the retina. *Nature*, Vol. 436, No. 7047, 71–77. DOI: 10.1038/nature03689.
13. *Kathagen, T., S. Fromm, L. Wieland & F. Schlagenhauf.* (2022). Models of dynamic belief updating in psychosis – A review across different computational approaches. *Frontiers in Psychiatry*, 13. DOI: 10.3389/fpsy.2022.814111.814111.
14. *Kujala, T. & O. Lappi.* (2021). Inattention and uncertainty in the predictive brain. *Frontiers in Neuroergonomics*, 2. DOI: 10.3389/fnrgo.2021.718699.
15. *Martin, J.R.* (1970). *Explaining, Understanding, and Teaching*. McGraw-Hill, 248.
16. *Millidge, B., A. Seth & C.L. Buckley.* (2021). Predictive coding: a theoretical and experimental review. Available at: arXiv preprint arXiv:2107.12979 (date of access: ???).
17. *Nirenberg, S., I. Bomash, J.W. Pillow & J.D. Victor.* (2010). Heterogeneous response dynamics in retinal ganglion cells: the interplay of predictive coding and adaptation. *Journal of Neurophysiology*, Vol. 103, No. 6, 3184–3194. DOI: 10.1152/jn.00878.2009.
18. *Shipp, S.* (2016). Neural elements for predictive coding. *Frontiers in Psychology*, 7. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.01792.

### Информация об авторе

Голубинская Анастасия Валерьевна – кандидат философских наук, научный сотрудник лаборатории киберпсихологии Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (603022, Нижний Новгород, Университетский пер., 7).  
golub@unn.ru

### Information about the author

*Golubinskaya, Anastasia Valerievna* – Candidate of Sciences (Philosophy), Researcher at the Cyberpsychology Laboratory, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (7, Universitetskiy la., Nizhni Novgorod, 603022, Russia).  
golub@unn.ru

Дата поступления 11.05.2022