

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
(ВИНИТИ)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Обзорная информация

Выпуск № 2

Издается с 1991 г.

Москва 2020

Выходит 6 раз в год

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – к.т.н. *И.И. Потанов*

Члены редколлегии:

С.А. Бурцев, к.ф.-м.н. *Н.Н. Гришин*,
д.ф.-м.н. *В.Ф. Крапивин*, к.э.н. *А.Н. Лаверов*, *В.Н. Лопатин*,
Г.С. Чукава (ученый секретарь),
к.т.н. *А.Г. Юдин*

Наш адрес: 125190, Россия, Москва, ул. Усневича, 20
Всероссийский институт научной и технической информации
Отдел научной информации по глобальным проблемам
Телефон 8 (499) 152-55-00.
E-mail: ipotapov37@mail.ru

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

DOI: 10.36535/0869-1010-2020-02-1

О СЕНСОРНОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ЕГО ВЛИЯНИИ НА ИХ ПОТРЕБЛЕНИЕ

Ким И.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств» технологического факультета Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: kimin57@mail.ru;

Бредихин С.А. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Процессы и аппараты перерабатывающих производств» технологического факультета Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Новикова А.В. – кандидат технических наук, доцент, и.о. декана технологического факультета Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49,

Фенина Т.В. - студентка 4 курса технологического факультета Российского аграрного университета - МСХФ им. К.А Тимирязева

Содержание

Реферат

Введение

Глава 1. Запах

- 1.1. Анатомические и физиологические особенности
- 1.2. Факторы влияния на восприятие и оценку запаха
- 1.3. Объединение с другими чувствами
- 1.4. Ароматизация вещества в продуктах питания

Глава 2. Вкус

- 2.1. Анатомические и физиологические основы
- 2.2. Ключевые компоненты вкуса пищевых продуктов
- 2.3. Факторы, воздействующие на восприятие вкуса
- 2.4. Вкусовая и слуховая модуляция

Глава 3. Современное состояние рынка продуктов питания в РФ

- 3.1. Формирование вкуса пищевых продуктов
- 3.2. Основные компоненты при формировании вкуса пищевых продуктов
- 3.3. Технология формирования флейвора пищевых продуктов
- 3.4. Общее восприятие вкуса
- 3.5. Почему мы постоянно переедаем
- 3.6. Манипулирование ингредиентами современных продуктов
- 3.7. Изменение вкусовых предпочтений населения

Глава 4. Современное состояние сенсорного анализа

- 4.1. Основные принципы сенсорного анализа
- 4.2. Восприятие внешних импульсов с помощью органов чувств
- 4.3. Сложности органолептической оценки
- 4.4. Инструментальные методы оценки сенсорных свойств
- 4.5. Оценка срока годности продуктов

Заключение

Литература

Реферат

Известно, что образование в вузе — это закрытая, инертная и консервативная система, которая с большим трудом поддается изменениям, но при этом должна соответствовать времени и действительности. Основная задача образования — готовить и воспитывать специалистов, которые будут способны ответить на вызовы современного мира. Поэтому системе высшего образования требуется механизм, обладающий адекватной реакцией на эти изменения, однако ее консерватизм не позволяет во время реагировать на внешние изменения и вносить свои коррективы.

Например, в последнее десятилетие, судя по зарубежной печати и переведенной на русский язык литературе, широко обсуждается проблема вкуса пищевых продуктов и даже начинает формироваться отдельная наука о питании — гастрофизика [1, 2, 6-12]. Однако многочисленные пищевые вузы Минобразования и практически все вузы Министерства сельского хозяйства, включая вузы, ведущие подготовку технологов различных направлений уровня бакалавриата и магистратуры, практически не готовят специалистов по сенсорике, т.е. мы опять становимся свидетелями того, что российские вузы не способны идти в русле времени и не готовят нужных для пищевой и перерабатывающей промышленности специалистов, а значит, технологическая революция в этой области проходит без нашего участия.

С такой постановкой дела, в скором времени мы вынуждены будем обучать своих специалистов за рубежом, как это уже происходит в парфюмерной промышленности, т.е. система высшего образования не выполняет свои прямые функции и до сих пор наблюдается некоторая оторванность профильного образования от нужд ведомств. На этом фоне издательства лучше понимают тенденцию развития данного направления, поскольку охотно идут на риск и переводят иностранную литературу по данному профилю.

Расхожая фраза, что рынок подготовит нужные кадры, к системе высшего образования не имеет никакого отношения, поскольку, повторимся, что сегодня наблюдается сильная оторванность профильного образования от практики. Скорее всего, специалисты по органолептическому анализу начнут готовить корпоративные университеты, но они нацелены на краткосрочные курсы.

ВВЕДЕНИЕ

Пищевая технология обладает высоким научно-инновационным потенциалом и является одной из лидирующих отраслей в странах с развитой рыночной экономикой. Деятельность пищевой индустрии органично сочетается со многими отраслями с их спецификой, что требует наличия соответствующего персонала, обладающего интегрированными знаниями особенностей различных технологических процессов [4].

В условиях современной конкурентной борьбы предприятия вынуждены искать в традиционных продуктах дополнительные преимущества, способные обеспечить изделию добавленную ценность, которая максимально удовлетворит потребителя [10]. В нашем случае такими преимуществами должны стать органолептические показатели [4]. Качество или привлекательность того или иного продукта обусловлены совокупностью производимых им сенсорных впечатлений, которую называют букетом, вкусом или ароматом [6, 7]. Этот комплексный образ создает такие свойства пищевых продуктов, как вкус, запах, консистенция, температура и цвет, причем вкус – наиболее очевидная составляющая аромата [10].

В производственных условиях качество пищевых продуктов оценивают по органолептическим показателям, т.е. до сих пор качество продуктов не имеют строгого регламента и определяются, исходя из личных пристрастий и опыта каждого эксперта [6]. Данную работу осуществляют, как правило, технологи предприятия [4]. В то же время органолептический анализ пищевых продуктов в последние годы очень быстро развивается и имеет свою специфику, которой не всегда владеют технологи производства [2, 11]. Поэтому промышленность испытывает определенный дефицит в специалистах подобного профиля, а занять образованную нишу некому, т.к. мы не ведем подготовку кадров данного направления [4, 5]. Кроме того, специалисты подобного профиля нужны в парфюмерной промышленности.

В настоящее время принято считать, что человек способен различать всего пять основных вкусов – это сладкий, соленый, кислый, горький и умами, последний официально признан мировым сообществом только в начале 21 века [2]. Остальное – это запах [7]. За последние несколько лет исследователи собрали «убедительные» доказательства того, что помимо пяти основных вкусов, мы способны воспринимать еще один – вкус жира [10]. Жиры, которые нам нравятся в еде, представляют собой триглицериды – большие молекулы, состоящие из молекулы–остова, к которым прикреплены радикалы жирных кислот. Нет никаких доказательств того, что глицериды обладают каким либо вкусом, они распознаются во рту с помощью тактильных рецепторов, которые ощущают их мягкую маслянистость [2]. С другой стороны, появляются все больше новых данных о том, что человек способен чувствовать вкус жирных кислот [3]. По мере накопления доказательств, что жир имеет собственный вкус, все больше ученых предлагают внести его в список базовых вкусов, расширив его до шести – дискуссии по этому поводу не утихают до сих пор.

Вкусовой анализатор человека способен различать в виде стимулов чрезвычайно большое разнообразие химических веществ – от минеральных солей до более сложных соединений в виде сахаров, аминокислот, жирных кислот и многих токсичных соединений [10]. Чтобы приспособиться к такому разнообразию в размерах и структуре веществ, клетка должна иметь широкий набор рецепторов и механизмов их преобразования. Выбор пищи и воды организмами основан на активности химических детекторов – вкусо-

вых клеток, которые объединены в морфологическую единицу – вкусовую почку. Вкусовые рецепторы реагируют на молекулы пищи и посылают сигналы в мозг, а то, как он воспринимает эти сигналы, мы называем вкусом.

Известно, что в большинстве случаев вкус представляет собой запах, а не собственно вкусовые ощущения [7, 8]. На самом деле «вкус» включает в себе еще больше аспектов, чем просто вкусовые ощущения и запах. Каждое из пяти наших основных чувств – вкус, обоняние, осязание и даже зрение и слух – вносят свой вклад в восприятие вкуса [10]. Другими словами, вкус еды определяется всей той совокупностью ощущений, которые испытывает человек, когда кладет пищу в рот. Запах еды кажется более интенсивным потому, что вкус и запах в нашем головном мозге усиливают друг друга. Хотя мы обычно воспринимаем вкус и запах как единое целое, в действительности они выполняют разные функции [7, 8]. Запах отвечает за идентификацию – он позволяет нам ответить на вопрос «что это такое» [4].

В отличие от запаха, вкус отвечает на другой вопрос «хочу ли я это съесть» [8]. Вкус помогает нам принимать решение более общего характера «хорошо - плохо» или «съедобное-несъедобное». Как только мы ощущаем запах, мы сразу же принимаем решение, нравится он нам или нет, запах всегда эмоционально окрашен. Причем, если мы говорим об ощущении одного и того же вещества, то разные его концентрации могут оказывать различный эффект. Например, определенный запах в малых концентрациях будет приятен, но если увеличить его концентрацию, то он станет неприятным [2]. Кроме того, запахи способны формировать наши привычки и поведение. Работа человеческого обоняния похожа на работу мышц, т.е. с помощью тренировок его возможно развить значительным образом [10]. Таким образом, одна из основных задач нашего мозга – выяснить, какие продукты питательны и достойны нашего внимания, а какие возможно ядовиты и их лучше избегать.

Но вкус также предупреждает нас о том, что мы собираемся съесть что-то вредное и опасное [11]. Многие ядовитые вещества обладают горьким вкусом, поэтому в нас заложено отвращение к горькой пище. Горечь вызывает у нас условный рефлекс «осторожно, яд». Точно также мы склонны отвергать кислый вкус, который может быть признаком испорченной пищи или незрелого, несъедобного пока фрукта. В частности, мы зачастую учимся преодолевать заложенное отвращение к некоторым продуктам, таким как кофе, пиво, кислые леденцы – мало, кто приходит в восторг после первого их употребления [2].

Таким образом, сенсорика как наука развивается дальше и нам бы очень не хотелось бы выпасть из мирового развития в этой области. В противном случае, нам придется потом закупать технологии и оборудование за рубежом, которые они разработают в процессе развития данного направления.

Глава 1. ЗАПАХ

В настоящее время природа запаха еще не исследована до конца, а мы пытаемся понять, что же он для нас означает и перевести ощущение в слова [2, 7, 21, 22, 27]. Существует психологический эффект «на кончике носа», когда мы что-то нюхаем - и у нас возникает ощущение, что мы почти осознали запах, а затем, с новым вдохом, мы ощущаем новый запах... и так по кругу. Тот, первый запах буквально был на кончике нашего носа, но у нас не хватало времени вникнуть в его суть и знаний его распознать. Но даже если бы мы смогли распознать, описать его было бы весьма сложно [19, 24, 26,

28]. По вопросу конкретного запаха не может быть единого мнения, поскольку каждый человек воспринимает его по-своему, поэтому невозможно создать точный словарь для описания запахов и исследователям приходится постоянно прибегать к метафорам.

Основной принцип любого сенсорного восприятия заключается в преобразовании химических (запах, вкус) или физических (свет, температура, звук, механические) раздражителей органов чувств в электрический [10, 21, 27]. Люди, воспринимают химические либо физические раздражители с помощью органов чувств, которые оснащены рецепторами [7, 8, 18, 26]. Когда информация о раздражителе достаточно интенсивна, рецепторы преобразовывают ее в электрический раздражитель, а затем возбуждение направляется в центральную нервную систему [2, 24].

Известно, что пять органов чувств человека занимают важнейшую позицию в процессе сенсорного анализа [10, 26, 27]. Три из них, а именно зрение, обоняние и слух принято считать чувствами дистанционного восприятия, так как непосредственный физический контакт с продуктом питания для их работы не требуется. Со вкусом и осязанием дело обстоит несколько иначе, поскольку они характеризуются как чувства близкого восприятия, ведь вкус или консистенцию продукта мы можем оценить, только прикоснувшись к нему рукой или положив его на язык [6, 28].

Обоняние человека является химическим чувством, т.е. оно реагирует не на физические раздражители, а на химические субстанции [8, 27]. В зависимости от вида, интенсивности и течения процесса во времени, различают:

- вступительный аромат (верхняя нотка запаха) - первое, чаще всего мимолетное впечатление;
- основной аромат (средние нотки, характеристика, тело запаха, фон, основная часть) - преобладающее впечатление;
- послевкусие запаха, которое остается после того, как улетучатся вступительная и основная нотки запаха.

1.1. Анатомические и физиологические особенности запаха

Запахи воспринимаются не только через непосредственное вдыхание аромата продукта (*проназальное*), но и во время его потребления (*ретроназальное*), потому что между ротовой и носовой полостью есть прямая связь, и молекулы запаха поднимаются из полости рта до обонятельной слизистой оболочки [7, 28, 33].

Известно, что запах напрямую связан со вкусом: носовая и ротовая полости непосредственно сообщаются между собой, поскольку обоняние и вкус тесно взаимосвязаны [2, 20, 21]. Когда мы находим какое-то блюдо вкусным, можно поделиться этим ощущением с другими, но о запахе этого нельзя сказать однозначно - его интерпретация остается очень личной.

Безусловно, запах приносит нам определенные удовольствия [11, 18, 22, 45]. Нас возбуждают восхитительные ароматы свежее испеченного хлеба, мяса на огне или кофе, сюда же можно отнести и различные вариации запаха дыма от костра в летнюю ночь или дыма от хороших сигар. Носы многих из нас могут учуять в воздухе следы химических элементов столь малые, что это делает их невидимыми для зрения. И даже не зная этого, мы используем их каждый день, чтобы интерпретировать окружающий нас мир, т.к. живем с обонянием, часто не понимая, о чем оно нас информирует. Запахи - это настоящая машина времени, поскольку ароматы уникальны [1, 33, 45]. Например, парфюмеры лучше различают оттенки запахов, а курильщику бу-

дет сложнее почувствовать запах утренней росы, чем человеку, придерживающемуся принципов здорового образа жизни.

Обонятельная слизистая оболочка в верхней полости носа человека обладает примерно 30 миллионами обонятельных клеток, которые в среднем живут примерно месяц в обонятельном эпителии [7, 18, 20, 24]. Кроме того, обонятельный эпителий имеет железистые клетки, которые выделяют слизь.

Хотя у человека число различных рецепторов и ограничено, он может различать множество ароматов [2, 19, 21]. Наши рецепторы можно сравнить с буквами алфавита, как 33 буквы формируют бесчисленное множество слов и предложений, рецепторы обоняния предоставляют определенные возможности, в соответствии с разными комбинациями, для получения обонятельных впечатлений [10, 22, 45]. Таким образом, аромат клубники появляется не в результате раздражения рецепторов, на которые непосредственно воздействует клубника, а в результате сочетания активации нескольких рецепторов.

В достаточной концентрации ароматические вещества вызывают деполаризацию, которая направляется дальше к обонятельным клеткам по нервным окончаниям. Это означает, что химический сигнал аромата преобразовывается в электрический [7, 21]. Ароматические вещества привязываются не только к своим рецепторам, они могут приостанавливать другие рецепторы или конкурировать с другими ароматическими веществами за одни рецепторы [22, 68].

Иногда запах уносит нас в далекое прошлое. Ностальгия - один из самых горящих эффектов обоняния [11, 21]. Узнав знакомый запах, обоняние больше, чем какое-либо другое чувство, умеет оживлять воспоминания. Обоняние напрямую взаимодействует с эмоциональным центром головного мозга и оно показывает нам, что мы находимся в знакомых местах и едим безопасную пищу, или, наоборот, что среда и пища новая и к ним нужно отнестись с осторожностью [10, 30, 33].

Любимые запахи вызывают прилив энергии [2, 45]. Некоторые запахи могут напомнить о давно забытых событиях, мы помним те из них, которые имели сильную эмоциональную окраску. Запахи эмоциональны и выразительны. Для нас естественно, что наши ощущения вызывают эмоции, а эмоции в свою очередь запускают реакцию на то, что обнаружили наши ощущения. А еще наши ощущения активизируют память, без памяти мы бы были беспомощны как дети, потерявшиеся в мире бессмысленных и беспорядочных ощущений. Память наполняет наши ощущения значением.

Запах наиболее эмоционален и выразителен из всех наших ощущений. Связь между эмоциями и запахами работает в обе стороны: эмоции влияют на наше восприятие запахов, а запахи влияют на наши эмоции [7, 20, 47]. Эта двусторонняя связь актуальна только для обоняния, например, мы не перестанем слышать часть музыки из-за того что огорчены, но в этом же случае мы потеряем часть обоняния.

Обоняние в первую очередь обеспечивает эмоциональную окраску опыта. Нам может нравиться или не нравиться определенный запах, это первая реакция нашего мозга при знакомстве с пахнущими предметами или окружающей средой [2, 30]. Между обонятельной системой и эмоциями существуют тонкая интимная связь. Как только мы ощущаем запах, мы сразу же принимаем решение, нравится он нам или нет, поскольку запах всегда эмоционально окрашен.

Среди психологов бытует мнение о двух способах восприятия человеком запахов [7, 19, 45]. Первый - это естественный, когда человек вдыхает аромат

и реально ощущает его, второй - мнимый, так как любой запах вызывает в сознании ассоциативные образы, связанные с прошлыми событиями.

Если мы говорим об ощущении запаха одного и того же вещества, то разные его концентрации могут оказывать различный эффект [10, 30, 47]. Так, определенный запах в малых дозах будет приятен, но если увеличить его концентрацию, он станет смрадным для присутствующих.

Существуют также эффекты при восприятии запахов, как адаптация и интерференция [7, 39, 45]. Адаптация - это полная потеря ощущения запаха от вещества. В качестве примера можно привести сероводород, который легко обнаруживается в минимальных концентрациях, еще не опасных для здоровья, однако через короткое время сила ощущения резко падает - вплоть до того, что человек не в состоянии ощутить концентрации, превышающие предельно допустимую концентрацию в воздухе. Интерференция - наложение нескольких запахов, которое может существенно исказить общую оценку аромата.

Процесс улавливания запаха происходит в носу, а процесс его узнавания и запоминания - в головном мозге [2, 41, 46]. Обонятельные рецепторы у нас расположены не во всей носовой полости, а только в самой верхней ее части. Там есть зона в несколько квадратных сантиметров, где располагаются особые нервные клетки, которые «специализируются» на восприятии *одорантов*. Часть обонятельного рецептора уходит в головной мозг. А на тонком конце, выходящем в носовую полость, есть реснички, которые воспринимают пахучие вещества-одоранты. Обонятельные рецепторы - это первично чувствующие рецепторы, которые одновременно воспринимают сигнал и передают его в головной мозг.

1.2. Факторы влияния на восприятие и оценку запаха

Восприятие запаха - это сложный процесс, который зависит не только от определенного аромата, но и от человека и окружающего его мира [10, 39]. Огромная генетическая вариабельность обонятельных рецепторов позволяет нам предположить, что в мире не существует двух человек, которые одинаково воспринимают запахи [41].

Исследователи предполагают, что люди могут различать 10000 запахов, которые могут быть упорядочены только при помощи словесного распределения их по категориям [6, 39]. Другие оценки заходят намного дальше, однако нет доказательства истинного количества запахов, которые можно обнаружить, как и того, что многие молекулы запаха вообще существуют [41, 68].

Более того, не каждое ароматическое вещество важно для запаха. В немецком исследовании были изучены ароматические вещества 227 продуктов питания, из которых было идентифицировано 230 ароматических веществ, способствующих запаху, присущему общеизвестному продукту [2, 39]. Некоторые ароматы универсальны и встречаются во многих продуктах, другие - более индивидуальны и свойственны только определенному продукту [23, 41].

Исследования доказали, что даже натренированным участникам не легко удастся идентифицировать один компонент из смеси ароматов. Дело в том, что сложные продукты питания, которые обладают множеством ароматов, рассматривают как нечто единое, например, клубника, а не как комбинацию множества отдельных запахов. Недостаток возможности описать запахи может первоначально заключаться не в распознавании запахов, а в сложности установления ассоциации между запахом и правильным наименованием [35, 46].

Охарактеризовать запах - непростая задача, ведь состояние голода и сытости могут привести к совершенно разному восприятию запаха блюда одним и тем же человеком [39, 41]. Кроме того, когда человек испытывает чувство голода, повышается его восприимчивость к запахам [61].

Восприятие и оценка запахов может значительно отличаться у разных людей [7, 62]. На восприятие большинства ароматов оказывает влияние *гедонический* образ, сформировавшийся во время взросления или в результате определенных ситуаций, в которых происходило знакомство с ароматом. Это может начаться уже в утробе матери в зависимости от того, какие продукты она употребляла [30, 61]. Новорожденные демонстрируют такое же выражение лица, как и взрослые, реагируя на запах тухлых яиц, т.е. некоторые *гедонические* оценки запахов являются врожденными [62, 65].

При повышенной чувствительности к запахам можно было выявить генетический дефект [2, 61]. Во время экспериментов, которые проводили неоднократно, женщины в детородном возрасте оказались более чувствительными, в отличие от мужчин [19, 62]. Также женщины и мужчины по-разному реагируют на запахи в эмоциональном состоянии [50]. Во время одного исследования мужчины, в отличие от женщин, воспринимали ароматы интенсивней в эмоциональном состоянии, чем в нейтральном. Женщины быстрее реагировали на позитивные запахи, чем на нейтральные, и также быстрее реагировали на негативные, чем на нейтральные запахи даже вне зависимости от их душевного состояния или типа личности [61]. Женщины, испытывающие страх, чувствовали интенсивней позитивные и негативные запахи, чем нейтральные. Тревожные мужчины или мужчины в состоянии невроза обнаруживали позитивные и негативные запахи быстрее, чем нейтральные [17, 50, 62].

С возрастом заметно снижается способность воспринимать и распознавать запахи. В одном исследовании проверяли, насколько хорошо люди в возрасте до 90 лет могут распознать и запоминать запахи [45]. Люди в возрасте от 18 до 30 лет продемонстрировали самый хороший результат, более взрослые люди в возрасте от 64 до 90 лет - наихудший.

Больше половины людей, входящих в группу старше 65 лет, и больше четверти из группы старше 80 жаловались на обонятельные нарушения [64]. Причиной этому является тот факт, что клеточные рецепторы на обонятельной слизистой оболочке в носовой полости восстанавливаются с возрастом значительно медленнее и при этом ухудшается обоняние не полностью, а лишь восприятие некоторых ароматов, поскольку обоняние меняется не только количественно, а не качественно [20, 58]. Также с возрастом меняются предпочтения в запахах, в частности, с течением времени симпатия к ягодным ароматам уменьшается, а предпочтение апельсинового, лавандового масла и аромата ванили усиливается [61, 62].

Для сенсорной оценки особенно важно помнить, что при постоянном раздражении рецептора ароматом, воспринимаемая интенсивность снижается, несмотря на постоянную концентрацию вещества запаха [7, 46]. Этот процесс называется *адаптацией* [14, 47]. *Адаптация* будет ярко выраженной, если нюхать отдельное ароматическое вещество, а не их смесь. Также скорость ее наступления зависит от обонятельного стимула. В одном исследовании ученые доказали, что адаптация наступает быстрее по отношению к ванильному и кокосовому экстракту, чем к уксусной кислоте или пропиловому спирту, которые, наряду с обонятельными компонентами, также воздействуют на тройничный нерв [69]. *Адаптация* - это кратковременный процесс, который наступает, когда находишься какое-то время в булочной или в

парфюмерном магазине, и запах, который вначале ощущался интенсивней, внезапно становится менее заметным. *Привыкание* - это долгосрочная привычка, которая защищает нас от постоянных «неважных» раздражителей, например, у работника парфюмерного отдела [66]. О *перекрестной адаптации* говорят, когда адаптация к одному ароматному раздражителю снижает чувствительность к другим субстанциям.

Есть запахи, вызывающие чувство отвращения, а некоторые считаются таковыми лишь в индивидуальном порядке [10]. Например, для одних людей аромат будет приятным, цветочным и душистым, тогда как другие люди воспримут тот же запах как неприятно-кисловатый, уксусный, резкий и едкий [15]. Странно, но ощущение вкуса и запаха некоторых продуктов обратно пропорциональны друг другу. Это показывают, что аромат, запах и вкус соединены вместе в нашем сознании.

1.3. Объединение аромата с другими чувствами

Поскольку отдельные формы сенсорного восприятия тесно связаны друг с другом, они могут друг друга «обманывать» [11, 66, 69]. В одном научном исследовании дегустационная комиссия сенсорно оценивала кофе с молоком с разным содержанием жира при красном и обычном освещении. При изменении одних лишь визуальных условий проведения дегустаторы ощутили совершенно разные запахи и вкусы [66, 71].

Не только цвет влияет на запах и вкус, но и они сами влияют друг на друга. Клубничный запах усиливает ощущаемую сладость сахарозы, фруктозы, сахарина и аспартама [2, 69]. Также запах цитрусовых, персика, малины и вишни усиливает восприятие сладкого вкуса сахарозы, в то время как аромат манго и сливы не оказывает никакого влияния на восприятие сахарозы [25, 70].

Сами по себе запахи оказывают воздействие на восприятие ароматов в подсознательной области, что было продемонстрировано в ходе эксперимента с клубничным вкусом [42, 46]. Странно, но ощущение вкуса и запаха некоторых продуктов обратно пропорциональны друг другу. Так, сырный соус, одна из вкуснейших приправ, пахнет мокрыми грязными носками, а один из самых приятных запахов - кофе - при употреблении окажется исключительно горькими бобами [10, 47].

Запах — это сложное ощущение, раскрывающееся в очень большом спектре мозговых клеток и играет важную роль в нашей повседневной жизни и воспоминаниях, напрямую взаимодействуя с эмоциями и памятью человека [11, 70]. Воспоминание о запахе предмета обогащает наше знание о нем и позволяет более эмоционально взаимодействовать с нашей историей. Определенные ароматы могут даже функционировать как часть общей памяти поколения.

1.4. Ароматические вещества в продуктах питания

По мнению многих ученых, обоняние - самое малоизвестное из ощущений, его природа до сих пор не выяснена до конца [10, 67]. Наиболее развита тема ароматов в парфюмерии, но тема запахов не ограничивается одной только парфюмерией. Любители вина разработали «*Колесо ароматов*», позволяющее описать все комбинации аромата, доступные в одном бокале [1]. Виски, пиво и сигары тоже имеют свои «ароматические колеса». Междуна-

родная организация кофе создала официальный список дескрипторов для ароматов кофейного зерна.

Откуда берутся ароматические вещества в продуктах питания? С одной стороны, они возникают в процессе нормального обмена веществ животных, растений и микроорганизмов [2, 67]. С другой стороны, они возникают при разрушении клеток, например, при измельчении фруктов и овощей или при переработке продуктов питания, в частности, во время жарки или в процессе хранения.

Если обратиться к миру алкогольных напитков, то аромат вина имеет не меньшее значение, чем его вкус [1]. В составе вина обнаружено свыше 300 летучих веществ, относящихся к различным классам химических соединений: спиртам, эфирам, альдегидам, кетонам, ацеталам, летучим кислотам и терпенам. Одни ответственные за общий винный аромат, другие – за специфические оттенки в аромате различных типов вин [10, 67, 72].

Особенности аромата вина можно определить на дегустации. Для характеристики аромата не существует стандартной шкалы, все очень индивидуально, но выделяют такие типы аромата, как винный, цветочный, плодовый, мускатный, медовый, хересный, мадерный, смолистый, хвойный и аромат окисленного вина, который имеет неприятный аромат из-за чрезмерного насыщения вина кислородом [1]. По интенсивности различают в порядке убывания яркий, сильный, умеренный и слабый.

Сложный аромат выдержанных вин называется букетом [11, 72]. Букет вина создает комплекс высших спиртов, сложных эфиров, альдегидов, ацеталей, летучих кислот и других веществ, сформированный во время длительной выдержки. Своеобразие букета зависит от сорта винограда и технологии обработки вина. При выдержке вина с доступом кислорода образуется букет бочковой выдержки, а при выдержке без доступа кислорода образуется букет бутылочной выдержки.

Среди других продуктов, где люди обычно выделяют аромат, после вина идет кофе [1]. Например, почему аромат кофе такой насыщенный и притягательный для человеческого носа? Ведь мы любим этот напиток в первую очередь из-за аромата и уже потом его вкусовых качеств. Свой притягательный аромат кофе приобретает за счет летучих соединений, которые образуются в процессе обжарки, которые возникают благодаря *реакции Майяра* – химической реакции между сахарами и аминокислотами, происходящей при нагревании и приводящей к целому набору взаимосвязанных химических превращений. Конечный вкус и аромат возникает в зависимости от состава и соотношения веществ, та же реакция отвечает за образование побочных соединений при жарке мяса или выпечке хлеба [10, 70].

Исследователи выяснили, что в образовании кофейного аромата участвует около 800 веществ, которые воспринимаются обонятельными рецепторами в разных концентрациях и с разной интенсивностью, и, несмотря на то, что ключевых составляющих в этой смеси запахов около 20, характерный аромат в итоге получается лишь благодаря присутствию незначительных компонентов [11, 69]. В этом наборе лишь немногие в чистом виде распознаются именно как соединения «пахнущего кофе».

В кофейном аромате содержится соединения, имеющие не очень-то приятные запахи, в частности морских водорослей, затхлый, землистый запах компоста, запах гнилой капусты и бензина, а также многие другие, характеризующиеся как неприятные, резкие и даже удушливые оттенки [2, 66]. Но, несмотря на кажущуюся неприемлемость, без них аромат кофе не был бы таким полным, многогранным и притягательным.

Химический состав разных сортов кофе отличается разной концентрацией основных компонентов. На итоговый аромат влияют также время обжарки и ее температура, а также способ дальнейшего хранения зерен, так как большинство веществ, отвечающих за специфический кофейный аромат, очень нестойкие и теряются за счет испарения или взаимодействия с другими соединениями [1, 71].

Таким образом, посредством обоняния мы получаем только 2 % информации о внешнем мире, но оно играет огромную роль в нашей жизни [2]. Запахи способны оказывать психологическое, физиологическое и даже фармакологическое влияние. Роль обоняния в жизни человека колоссальна, поскольку выполняет широкий спектр функций, начиная от биологических до психологических и эмоциональных впечатлений, которые имеют большое значение для самочувствия человека.

Из всех способностей, которые имеются у человека, именно обоняние быстрее всего реагирует и передает в головной мозг сигналы на внешние раздражители [10]. Правильно подобранные ароматы благоприятно влияют на работоспособность людей, занятых рутинной работой.

Способность опознавать различные запахи не является врожденным свойством, а только лишь приобретенным умением [7, 63]. Выходит, что мы можем в течение всей нашей жизни наслаждаться новыми ароматами. Мы можем регулировать интенсивность нашего дыхания, не только замедляя с его помощью сердечный ритм, но и контролировать обоняние не в нашей власти.

Без обоняния мы не смогли бы полноценно наслаждаться едой, поскольку аромат и вкус находятся в тесной взаимосвязи, а также, мы не можем «настроить» свой нос на улавливание конкретного запаха [10, 66]. Кроме того:

1) Мы не умеем различать детали запаха, а воспринимаем его как единый композиционный аккорд, и поэтому не видим тонкостей и деталей, которые могли бы назвать при описании. Например, если мы смотрим на яблоко, то можем сказать, какого оно цвета и размера, спелое оно или нет, чистое ли оно, или там присутствуют червоточины. Но если же мы его понюхаем, то сможем лишь сказать, что оно пахнет яблоком [1].

2) Восприятие аромата происходит на эмоциональном уровне, мы не можем представить его на рассмотрение нашего мозга с разных сторон. В то же время, если мы говорим об объекте, то мозг может рассмотреть его с разных сторон, прежде чем назвать.

3) Когда мозг вербализирует информацию из внешнего мира, он занимается поиском по нашим словарям в памяти. Таким образом, он сначала предполагает вероятный объект, а потом использует подробные сигналы для проверки его соответствия. Такая схема удобна для зрения, но не подходит для обоняния.

Глава 2. ВКУС

Человеческий вкус относится к таким чувствам, которые требуют, чтобы вещества-раздражители вступили в контакт с языком. Вкус, как и обоняние, является химическим чувством, потому что реагирует на химические субстанции [8, 12, 14]. Сладкий, кислый, соленый, умами и горький вкусы признаны основными вкусовыми типами. Жирный, металлический и кокуми считаются «кандидатами» на место основного вкусового направления, однако именно жир мог бы иметь наилучшие шансы на то, чтобы в будущем стать шестым из основных вкусовых направлений [2, 15]. Природа дает нам возможность распознавать на вкус по меньшей мере два основных пищевых

вещества: углеводы сладкие на вкус и белковые компоненты умами. То, что мы также воспринимаем на вкус третье основное пищевое вещество - жир - звучит достаточно убедительно.

Как с запахом, так и в случае со вкусом, можно выделить изначальный вкус, как первое вкусовое впечатление, основной вкус, как преобладающее вкусовое впечатление, и послевкусие, которое остается после проглатывания пищи [12, 14, 21].

Рецепторы реагируют на молекулы пищи и посылают сигналы в мозг, а то, как он воспринимает эти сигналы, мы называем вкусом [2]. Итак, на сегодняшний день человечеству известно всего пять вкусов, а все остальное - это запахи, которые воспринимаются обонятельными нейронами [14]. Они расположены в носу и тоже реагируют на молекулы принимаемой пищи. Если вы зажмете нос и начнете жевать карамельку, ваш язык сразу определит, что она сладкая [12]. А когда вы дадите волю обонянию, раскроется дополнительная гамма ощущений: карамелька не просто сладкая, она может быть со вкусом ванили, клубники или шоколада - именно это, а не сладость, главный вкус карамельки.

2.1. Анатомические и физиологические основы вкуса

Развитие вкусовых клеток начинается у эмбриона уже на 7-8 неделе беременности, на 14 неделе они уже состоят из 2000-4000 вкусовых лукович, которые находятся в виде сосочков - грибные, пузырьковые и желобовидные - на языке, так же, как и отдельные на мягком небе, на задней стенке горла и на надгортаннике [12, 37].

Во вкусовых луковичах различают четыре типа клеток: базальные клетки в качестве клеток-предшественников как для остальных типов клеток, так и для трех удлинённых типов клеток, тип I, II и III [51]. Только клетки II и III типа являются клеточными рецепторами. Клеточные рецепторы II типа транслируют рецепторы вкусового оттенка сладкого, преобразовывают химический сигнал вкусовых веществ в электрический, который затем отправляется в мозг [8].

Если вкусовое вещество привязывается на внешнюю сторону клеточного рецептора II типа соответствующего вкусового рецептора, тогда на стороне содержимого клетки активируется протенин, который расщепляется на компоненты и стимулирует ферменты, и которые регулируют образование вторичных нейромедиаторов. В результате на рецепторах высвобождается кальций и в конечном итоге открываются соответствующие каналы, которые ведут к деполяризации клеточных рецепторов [14, 50].

Клеточные рецепторы вкуса являются вторичными клеточными рецепторами. Сами они не обладают нервными окончаниями, сигналы должны быть переданы через синапс в нервные волокна. Клетки II типа чаще всего передают информацию не напрямую, а через клетки III типа в нервы [12].

Клеточные рецепторы обновляются каждые 10-14 дней и связаны с волокнами трех черепно-мозговых нервов. Они, будучи связаны (переплетены), ведут к продолговатому и удлинённому спинному мозгу. Оттуда вкусовые пути проходят с одной стороны через таламус к коре головного мозга, к первичной вкусовой коре и островковой доле конечного мозга и далее к *орбитофронтальной коре*, где информация о вкусовых рецепторах «встречается» со всеми остальными чувствами. С другой стороны вкусовые пути проходят к лимбической системе головного мозга (миндалевидное тело) и гипоталамусу [12, 14, 65].

Грибковые сосочки являются не только представителями вкусовых лукович, но и механорецепторов, и они иннервируются при помощи черепно-мозгового нерва. Из этого можно предположить, что плотность грибковых сосочков важна и для тактильного восприятия. Для того, чтобы узнать плотность грибковых сосочков, используют метод окрашивания языка синим пищевым красителем. Посчитать сосочки можно при помощи видео микроскопа, для этого выбирается определенная, круглая поверхность [8, 31, 51].

Сосочки с отсутствием вкуса - это четвертый тип сосочков, в них отсутствуют вкусовые луковички. Однако они придают поверхности языка шероховатость и таким образом передают нам ощущения текстуры [7, 47].

Если быстро охладить кончик языка, а затем снова нагреть, то около 50% всех людей испытают вкусовое ощущение. Такие, так называемые «термальные дегустаторы» оказываются более чувствительными к растворам основных оттенков вкуса, однако они не имеют более высокой термочувствительности, чем «не термальные дегустаторы» [29].

2.2. Ключевые компоненты вкуса пищевых продуктов

В истории развития человека фактор питания сыграл решающую роль, выделив его из животного мира, данный фактор и в настоящее время в значительной мере определяет дальнейшее существование человека [11, 12]. Сейчас люди производят достаточно пищевых продуктов, как естественного происхождения, так и не встречающихся в природе. Все это возбуждает аппетит, а их потребление в больших количествах вредно, приводит к нарушению обмена веществ и ухудшению здоровья [8, 17]. Чувство сытости теперь не является надежным защитником от переедания. Теперь человек уже сам может и должен выбирать направление дальнейшей эволюции системы питания.

Вкусовой анализатор человека способен различать в виде стимулов чрезвычайно большое разнообразие химических веществ – от минеральных солей до более сложных соединений в виде сахаров, аминокислот, жирных кислот и многих токсичных соединений [3, 17, 52]. Чтобы приспособиться к такому разнообразию в размерах и структуре веществ, клетка должна иметь широкий набор рецепторов и механизмов их преобразования. Выбор пищи и воды организмами основан на активности химических детекторов – вкусовых клеток, которые объединены в морфологическую единицу – вкусовую почку [2, 5, 16].

Известно, что в настоящее время принято считать, что человек различает пять основных вкусов - сладкий, кислый, соленый, горький и умами, которые признаны основными вкусовыми типами [7, 8, 32]. Как с запахом, так и в случае со вкусом, можно выделить изначальный вкус, как первое вкусовое впечатление, основной вкус, как преобладающее вкусовое впечатление, и послевкусие, которое остается после проглатывания пищи [52]. Ниже мы обсудим специфику и нюансы пяти общепризнанных вкусовых направлений.

Сладкий вкус. Молекулы сахара или другие вещества, сладкие на вкус, не могут проникнуть в клетку вкусовых рецепторов, поэтому они прикрепляются с внешней стороны клеточного рецептора. В результате соединения сладких на вкус веществ с рецепторами сладости происходит активация, и на стороне содержимого клетки запускаются биохимические процессы [2, 28, 58]. Вследствие этого начинается действие механизма, который приводит импульс нервного возбуждения в мозг.

Сладкий вкус вызывают природные углеводы, отличающиеся высокой питательной ценностью, он имеет отчетливо выраженный, эмоционально приятный, оттенок [10, 42]. Выделяют несколько химических классов сладких веществ: натуральные сахара, искусственные подсластители, D-аминокислоты и сладкие протенины [29, 66].

Ресепторы сладкого активируются только природными сахарами (сахароза, глюкоза, мальтоза) и при весьма высоких их концентрациях, то есть в таком виде они обладают низким сродством к сладким вкусовым стимулам [2, 32, 58]. Чувствительность к сладким веществам самой разнообразной структуры резко возрастает при объединении клеток [29, 42, 58], поскольку горький и сладкий вкусовые качества вызывают противоположные реакции, соответственно, отвращение и привлекательность.

Соленый вкус. Вещества, которые имеют полностью или частично соленый вкус, диссоциируют в водном растворе на катионы и анионы. Поваренная соль - единственная молекула, которая обладает соленым вкусом без каких-либо примесей, остальные соли имеют те или иные вкусовые оттенки [9, 15, 23]. При исследовании различных солей и их заменителей, специалисты описали их как металлические, кислые и горькие, а интенсивность вкуса соли изменялась при одинаковом ее количестве. Морская соль на вкус была по-разному соленой при одинаковом содержании натрия, что указывает на то, что другие минералы, входящие в состав, также влияют на вкус.

Вкус соленого управляет потреблением хлористым натрием и других необходимых минеральных солей, которые участвуют в поддержании солевого и водного балансов в организме [2, 29]. Представители животного мира в зависимости от минерального состава их пищи различаются по чувствительности к соли и ее потреблению: например, травоядные (малое содержание соли в растениях), всеядные или плотоядные (достаточное содержание соли, поступающей вместе с пищей) [11, 42].

Основной соленый вкус создает только хлористый натрий, у всех остальных натриевых солей, в том числе и органических, появляются в различной степени выраженные побочные вкусовые качества сладкого, горького и кислого [29, 70]. Отсюда следует, что соленость является главным образом функцией катионов натрия, а анионы существенно изменяют вкусовое качество натриевых солей, то есть анионы выступают в качестве вкусовых стимулов [9, 41].

В настоящее время все большее признание получает модель восприятия солевых вкусовых стимуляторов, которая основана на представлении о селективной проницаемости ионных составляющих солей [33, 67]. Данная модель позволяет сформулировать следующие закономерности [7]:

- для катиона малого размера (например, Na^+ , K^+) воспринимаемая интенсивность вкусового ощущения снижается при увеличении размера анионов;
- для катиона большого размера время реакции возрастает при увеличении размера анионов.

Кислый вкус кажется приемлемым и привлекательным при низкой интенсивности ощущений, но становится неприятным при высокой концентрации и вызывает врожденную реакцию отторжения у взрослых людей и многих животных [11, 53]. Кислоты являются единственным источником кислого вкуса и поэтому они помогают выделить незрелые плоды и прокисшую пищу, а значит предотвратить поражение тканей кислотой [10]. Кислый вкус можно классифицировать как вкус, имеющий распознавательные и предупреждающие свойства, и, вместе с соленым, он имеет отношение к ионному балансу в организме [2].

В настоящее время принято считать, что кислый вкус вызывается увеличением концентрации протонов водорода внутри вкусовых рецепторных клеток, но точный механизм этого действия и механизм проникновения протонов внутрь клетки еще недостаточно изучены [49, 53].

Биологическая функция кислого вкуса заключается в регуляции кислотно-щелочного баланса. Ярко выраженный кислый вкус чаще всего отталкивает и служит предупредительным сигналом перед употреблением испорченного продукта или незрелых фруктов, в то время как умеренное содержание кислого привкуса во вкусе некоторых продуктов улучшает их [53]. Кислоты высвобождают протоны, причем существует два пути, каким образом протоны активируют вкусовые рецепторы - самим проникновением протонов, которое активирует рецепторы, либо тем, что протоны открывают ионные каналы, и вследствие этого активирует вкусовые рецепторы [49]. Интенсивность восприятия кислотности не всегда пропорциональна показателю pH, степени концентрации протонов и это означает, что не только протоны играют решающую роль в том, что мы чувствуем кислый вкус [53].

Добавление кислоты вызывает подкисление вкусового стимула, повышение концентрации протонов водорода [8, 49]. Наиболее простое объяснение восприятия кислого вкуса состоит в том, что рецепторные клетки реагируют на протоны, воздействующие на мембрану. В этом случае вкусовые ощущения должны быть пропорциональны величине pH кислотного стимула [7, 53]. Но в общем случае это не выполняется, поскольку ни интенсивность вкусовых ощущений людей, ни электрофизиологические данные нервных реакций животных не соотносятся с величиной pH вкусового стимула. Вместо этого для одного и того же показателя pH слабые кислоты, такие, как уксусная и лимонная, оказываются более кислыми по сравнению соляной и азотной кислотами [49]. Например, известно, что изменение интенсивности кислого вкуса некоторых кислот в зависит от pH их растворов. Кислоты по мере снижения интенсивности вкуса при одинаковом значении pH выстраиваются в следующем порядке: уксусная > яблочная > молочная > лимонная > соляная [10, 53]. Сильная соляная кислота значительно отстает от воздействия слабых органических кислот.

При повышении концентрации сильных кислот в растворе вкусового стимула протоны проникают как внутрь вкусовой рецепторной клетки, так и в межклеточное пространство внутри вкусовой почки [49]. Протоны водорода проникают как через клеточную мембрану, так и сквозь плотное межклеточное соединение [2].

Горький вкус вполне ожидаем и считается приятным в некоторых продуктах, таких как кофе или пиво [11, 15, 63]. Однако очень сильная горечь служит предупредительным сигналом о возможных токсинах и является причиной для отказа от приема продукта [2, 31, 38]. Горький вкус имеет самый сложный вкусовой оттенок из-за существования множества горьких субстанций. Возможно, люди не просто обладают роскошью в виде большого количества различных типов рецепторов. В отличие от других основных вкусовых типов, которые «довольствуются» одним или несколькими типами рецепторов для их распознавания, существует около 25 различных рецепторов горечи [10, 63]. Возможность воспринимать на вкус эти субстанции обусловлена генетически.

Горький вкус неприятен, пока он слаб, и вызывает отвращение при высокой степени интенсивности, тем самым он предохраняет людей и животных от употребления токсичных и вредных веществ, часто имеющих горький вкус [8, 31, 38]. Но в то же время привкус горечи улучшает букет и аро-

мат пищи. Содержащиеся в овощах и фруктах биологически активные диетические фитонутриенты, например, такие, как флавоноиды, изофлавоны, фенолы и полифенолы, терпены и глюкозинолаты снижают риск раковых и сердечно-сосудистых заболеваний [11, 15]. В подавляющем большинстве все они горькие [63].

Горький вкус имеют многие лекарства и органические вещества растительного происхождения, в частности, алкалоиды (хинин, кофенин, никотин), которые обладают чрезвычайно широким диапазоном классов химических веществ, начиная от минеральных солей и заканчивая органическими веществами достаточно сложной структуры [31, 38, 63].

Умами в переводе с японского означает «лакомый» и с 2002 года признан как «официальный основной вкусовой оттенок» [22, 33, 50]. Вкусовое впечатление умами производят глутамат, аспарагинат и некоторые рибонуклеотиды [15, 55]. Восприимчивый вкус глутамата отличается от соленого, кислого, горького и сладкого вкусовых качеств, и не может быть получен их смешиванием в любых пропорциях [48, 54]. Вкус умами имеют глутамат, доставляемый в виде самой кислоты или ее натриевой и калиевой солей, рибонуклеотиды, некоторые пептиды, L-аминокислоты и их соли (такие, как аспартаты, содержащие анионы L-аспарагиновой кислоты). Глутамат - это соль глутаминовой кислоты, которая используется во всем мире в качестве усилителя вкуса.

С одной стороны, усилители вкуса могут увеличивать интенсивность определенного вкусового оттенка, с другой - способны изменить некоторые вкусовые оттенки, чтобы, таким образом, исправить возможные вкусовые дефекты продуктов [8, 54, 58]. Глутамат, образуется также природным путем в таких продуктах, как помидоры и морские водоросли, а также в материнском молоке.

Рецептор умами состоит из двух частей, т.е. рецепторы сладости и умами наполовину идентичны. Отличительное свойство умами состоит в том, что вкус глутаматов синергически усиливается рибонуклеотидами, которые сами по себе имеют вкус умами. Умами сигнализирует о богатой протеинами пище и широко применяется в пищевой промышленности благодаря его свойству придавать приятный аромат выпускаемой продукции [6, 48].

Умами - это ощущение приятной остроты, которое создают или усиливают такие продукты, как соевый соус, хорошо прожаренная говядина, сушеные помидоры и глутамат натрия [10, 55]. Если глутамат натрия (моноватриевая соль глутаминовой кислоты) - это натриевая соль, обладающая соленым вкусом, то глутамат - носитель чистого вкуса умами. Умами привычен для жителей Азии, но еще не очень понятен для людей западных стран.

Кандидаты на попадание в «основные компоненты вкуса. Наука о вкусе постоянно развивается и сегодня накопилось много сведений о включении новых кандидатов на звание основных вкусовых направлений человека [2]. Рассмотрим их характеристики и постараемся обосновать, почему они пока недотягивают до этого «звания». Жирный, металлический и кокуми считаются основными «кандидатами» на место вкусового направления.

Жир имеет наилучшие шансы, чтобы в будущем стать шестым основным вкусовым направлением [8, 56]. Многими исследованиями доказано, что язык воспринимает жир отдельно [10]. Например, известно, что транспортер жирных кислот играет позитивную роль при оральном их обнаружении у крыс и мышей, а также были обнаружены калиевые каналы, характерные для жирных кислот [56, 57].

Сегодня еще нет никакого универсального определения основного вкусового вида, однако они предлагают четыре критерия, которые должны наполнить вкусовое впечатление [49, 52]:

- 1) распределенное по категориям и четко отделимое от других оральных вкусовых впечатлений;
- 2) существование собственных, «компетентных» сенсорных клеток;
- 3) наличие специфических рецепторов;
- 4) перенос вкусового впечатления из полости рта в мозг.

Жир не отвечает этим требованиям. Изначально пищевой жир существует в форме триглицеридов, которые состоят из глицерина и трех жирных кислот [6, 56]. Триглицериды безвкусны, однако их текстура воспринимается орально, если они расщепляются на свои составляющие, то возникает сладкий на вкус глицерин, который активизирует рецепторы сладости. Существование специфических для триглицеридов сенсорных клеток пока не было доказано. Как известно, на сегодняшний день есть «кандидаты» на роль рецепторов для жирных кислот, но здесь также недостает «завершенной, неоспоримой цепочки доказательств, которые обосновывают роль особых молекул в распознавании вкуса жира» [2, 57].

Соответственно, «вкус жира» не существует, однако есть вкус жирных кислот, поскольку они - единственные из всех вкусов оставляют распознаваемое сенсорное впечатление [8]. Для восприятия жирных кислот во рту огромную роль играет слюнообразование. Протеины слюны могут ослабить восприятие жира, ферменты слюны могут его наоборот усилить. Жироращепляющие липазы производятся слюнной железой, которая выполняет функцию очищающих желез. Языковые липазы расщепляют триглицериды на глицерин и жирные кислоты, однако имеют невысокую активность, что затрудняет их восприятие во рту [56, 57].

Однако, как компонент пищи, жир оказывает влияние на множество сенсорных впечатлений [10]. Так, жирорастворимые ароматические вещества сильнее зафиксированы в жире и поэтому медленнее высвобождаются как водорастворимые ароматические вещества. Благодаря этому усиливается восприятие ароматов. К тому же, жир принимает

участие во вкусовых ощущениях, поскольку люди воспринимают жирные кислоты орально [52, 56]. Однако известно, что «слава» жира как усилителя вкуса основывается скорее на том, что жир является носителем аромата и приводит к тому, что люди путают обоняние со вкусом [2, 57]. Но, с точки зрения физиологии ощущений, жир не является усилителем вкуса.

Кокуми. О кокуми также иногда говорят как о возможном вкусовом впечатлении [10]. Однако к принятым основным вкусовым оттенкам кокуми на сегодняшний день не принадлежит [2, 48, 54]. Возможно, что кокуми представляет собой смесь из вкусовых ощущений, стойкого и гармоничного вкуса, а также усилителя вкуса [23, 54, 55].

Действующими вкусовыми веществами кокуми являются глутаминовые пептиды, которые состоят из глутаминовой кислоты и других аминокислот [11]. Соответственно, речь пойдет о продуктах разложения белка, которые при долгом приготовлении образуют продукт, богатый протеинами. Кокуми описан в соевом соусе, дрожжевом экстракте, пиве, гребешках, ферментированных рыбных соусах и пасте из креветок, а также чесноке [48, 54]. В качестве усилителя вкуса, они подчеркивают сладкий, соленый и умами [54].

Металлический. Металлическое сенсорное впечатление может быть вызвано окислением жира, электрической стимуляцией языка, фруктовыми соками из жестяной банки или сульфатом железа [2, 44]. Такие воздействия

возникают отчасти ретрозанально, отчасти непосредственно на языке. К тому же, к металлическому вкусовому впечатлению могут привести и физиологические причины, например, во время беременности [23, 43].

Запах создается молекулами газа, выделяемыми веществом и обнаруживаемыми нервными окончаниями нашего носа [7, 44]. Основной причиной металлического запаха являются жиры [2, 43]. Под действием ферментов жиры окисляются до перекиси липидов. Катионы железа разлагают перекиси липидов и образуют сильно пахнущие вещества. Достаточно совсем небольшого количества ионов железа, чтобы образовалось достаточное количество летучих соединений, которые можно было бы обнаружить по запаху. По этой же причине у крови железный запах [10, 23]. Железо, содержащееся в гемоглобине, запускает аналогичные реакции. Ученые провели исследование крови и установили основной компонент запаха крови - это «красной альдегид». Именно он ответственен за металлический запах крови.

Кровь, содержащая железо в составе гемоглобина, также характеризуется узнаваемым «металлическим» запахом, формирующимся за счет тех же органических молекул [2, 43]. Исследователи считают, что способность человека чувствовать запах металла сложилась эволюционно и ассоциируется с кровью. Наши предки, вероятно, ориентируясь на этот запах, выслеживали раненых жертв или соплеменников. Цинк сложнее формирует металлический аромат и должен интенсивнее взаимодействовать с кожей, чтобы получить такой же эффект, как и железо [8, 44]. Но во всех случаях это не испарения металла, а разложение кислот человеческой кожи молекулами металлов.

2.3. Факторы, воздействующие на восприятие вкуса

Голод иногда также влияет на интенсивность восприятия вкуса [8]. В одном исследовании дегустаторы приняли на голодный желудок растворы со сладким, горьким и соленым вкусом в значительно более низкой концентрации, чем после приема пищи; на чувствительность к горькому состоянию голода не повлияло [59]. В другом исследовании были установлены *пороги узнавания* для сахарозы, фруктозы, хлористого натрия, сульфата хинина и лакрицы у людей по утрам натощак, а также после утреннего приема пищи. Разница в этом случае была незначительной [74].

Наша слюна на 99% состоит из воды, оставшийся процент составляют растворимые вещества, такие как минеральные вещества или белки слюны [6]. Ферменты, содержащиеся в слюне, могут расщеплять не только пищевые вещества и таким образом содействовать их вкусовому восприятию, на начальной стадии они также могут образовывать ароматические вещества, которые потом будут восприняты ретроназально. Выработка слюны зависит от вида потребленного продукта, однако у каждого она абсолютно индивидуальна, в особенности, если говорить о ее количестве и составе [2].

Как и в случае со слухом, результатом постоянного раздражения может стать *привыкание*. Это может длиться секунды или часы, пока изначальная чувствительность снова не возобновится [30, 59].

Потребление цинка в достаточном объеме имеет важное значение, потому что цинк играет решающую роль в регулировании аппетита [6]. Курение влияет не только на обоняние, но и на вкус. Вкусовой порог у курящих повышен по сравнению с некурящими [8, 59]. Медикаменты также могут быть причиной изменения вкусовых ощущений и могут усилить потерю чувствительности в пожилом возрасте.

Вкусовые расстройства редки. Основными причинами являются черепно-мозговая травма, респираторные инфекции, которые наносят вред рецепторам, другие токсические вещества, облучение, медикаменты, булимия, опухоли и т.д. Также известен *синдром жжения полости рта* с продолжительно горьким или металлическим привкусом.

Метод дегустации способом кусания оказывает влияние на степень слюноотделения, на продолжительность пребывания продукта во рту и на вкусовые ощущения [6]. Внимательность также усиливает функции чувств при слабых сахарных растворах и растворах лимонной кислоты [51, 74]. Ожидание соответствует сенсорному эффекту, когда с помощью вкуса мы пытаемся подтвердить то, что мы и без того уже ожидали [9].

Эмоции могут оказывать влияние и на вкусовое восприятие [2]. В одном исследовании была обнаружена взаимосвязь между тревожностью и повышенным порогом горечи и солёности, что означает, что тревожные люди были менее чувствительны к горькому и солёному. Серотонин и норадреналин, два нейротрансмиттера, напротив, повышают чувствительность, причем серотонин понижает порог узнаваемости сладкого и горького, а норадреналин - кислого и горького [32].

Также на вкусовые показатели влияют факторы образа жизни, такие как спорт или стресс [10]. Восприятие кислого снижается после занятия спортом, в то время как на восприятие сладкого и горького оно никак не влияет.

Исследовали, как влияют различные материалы, из которых изготовлены ложки - золото, медь, цинк и нержавеющая сталь - на вкусовые ощущения [60, 71]. В двойные сливки, жирностью 50%, были добавлены либо сахар, соль, кислый лимонный сок, либо горькая цедра лимона. Цинковая и медная ложки произвели немного металлическое и горькое впечатление, однако при этом повысили соответствующее вкусовое впечатление от сливок [9, 74]. Авторы исследования обнаружили потенциал в том, что для людей, у которых зафиксировано снижение сахара или соли, можно поддерживать ощущаемый вкус сахара или соли с помощью выбора правильной ложки [10]. Эта тема требует дополнительных исследований. В них должны быть задействованы классические материалы, из которых изготавливаются столовые приборы, а также серебряные столовые приборы.

Однако вкус также зависит от температуры потребленной пищи [11, 71]. Растворы с сахарозой, лимонной кислотой, хиннином и алюминием, который вызывает вяжущий вкус во рту, были восприняты по-разному при температуре 5 и 35°C. Теплый раствор лимонной кислоты был на вкус более интенсивно-кислым и ощущался дольше. Горечь, вызванная хиннином, наоборот, достигла более сильной вкусовой интенсивности в холодном растворе, которая, однако, быстро пошла на убыль [10]. Сахарный раствор при этих температурах был на вкус не особенно сильным, но в холодном растворе максимальная интенсивность была достигнута несколько позже [13, 71].

Если подать одновременно вещества, различные на вкус, это приведет к взаимному влиянию, что может быть вызвано тремя различными причинами [2, 39]:

- химические интеракции могут либо изменить вкусовую интенсивность, либо образовать новые вкусы;
- физиологические интеракции появляются, когда вкусовое вещество вступает в реакцию с рецепторами других веществ;
- когнитивные интеракции встречаются очень часто, например, вкус от смешения двух или более вкусовых веществ будет чувствоваться более слабым, чем вкус его отдельных компонентов.

2.4. Вкусовая и слуховая модуляция

Некоторые вещества могут качественно изменить чувственные впечатления или количественно уменьшить их интенсивность. Известны множество веществ, мы можем упомянуть лишь некоторые из них:

- лактат цинка и (в меньшей степени) глюконат натрия снижают горечь кофеина [38];

- связывающий белок витамин B₂, куриный белок, сам по себе не имеет вкуса, подавляет различные горькие вещества и оказывает подавляющий эффект на сладкий протейн, такой как тауматин, монеллины лизозим, в то время как сладость не подавляется такими низкомолекулярными сладкими веществами, как сахароза, глюцин, D-фенилаланин, сахарин, цикламат, аспартам и стевия [51, 52];

- миракулин - это гликопротеин, который сам по себе безвкусный, однако на языке оставляет кислосладкий вкус. Однако уже сладкий раствор сахарозы с миракулином не будет считаться еще более сладким. Соленость раствора NaCl ощущается слабее непосредственно после добавления миракулина. Горечь кофеина не меняется под влиянием миракулина [16, 60].

- 2-(4-метоксифенил)-пропионовая кислота - это блокатор сладости. Исследователи доказали, что сладость аспартама хуже подавляется с помощью 2-(4-метоксифенил)-пропионовой кислотой, чем сладость сахара. Наряду с этим, подавление сладости аспартама на дальней части языка чувствовалось сильнее, чем на передней [72].

Сенсорные впечатления, такие как хруст, воспринимаются не только посредством осязания, но и через слух [10]. Однако, по сравнению с другими органами чувств, слух играет небольшую роль при сенсорной оценке продуктов. Это, пожалуй, также служит причиной того, почему существует очень мало научных исследований акустики в сенсорном восприятии продуктов питания [8]. Однако не только шум, который производит продукт сам по себе, влияет на сенсорное восприятие; фоновый шум и музыка изменяют сенсорное восприятие и оценку продукта. Ученые исследовали, как фоновые звуки влияют на воспринимаемую сладость, соленость и хруст [10, 73]. Участники слышали через наушники звуки разной громкости во время дегустации сладких и соленых закусок с разной хрусткостью или мягкостью и оценивали их с сенсорной точки зрения. При громком фоновом шуме сладость от сладкой закуски и соленость пикантной закуски воспринималась менее интенсивно, чем при тихом шуме [2]. Это касалось как мягких, так и хрустящих закусок. Как правило, степень принятия была немного ниже при громком шуме, однако этот эффект был незначителен. В другом эксперименте исследователи продемонстрировали, что хрустящесть закусок, которую ощутили участники эксперимента, при громком фоновом шуме казалось больше, чем при тихом [73].

Таким образом, большинство экспертов считает, что львиная доля вкуса пищи определяется ее запахом, поскольку он несет гораздо больше информации, чем просто ощущение сладости, кислоты, солености, горечи и умами [2]. Многие утверждают, что запах обеспечивает до 70 % вкуса пищи, причем потеря вкуса — это гораздо хуже, чем потеря обоняния. Когда люди перестают воспринимать вкус, они фактически не едят и доводят себя до полного истощения, потому что вкус важнее запаха. Когда вы не чувствуете базовых вкусов, еда просто перестает быть похожей на еду, она превращается в безвкусный пластилин и поэтому трудно заставить себя употреблять его по три раза в день.

Глава 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ РОССИИ

Человек может преобразоваться в тонкого ценителя вкуса, поскольку восприятие пищи воздействует на большую часть головного мозга [5]. Когда вы наслаждаетесь восхитительным вкусом крабового мяса, в мозге активизируется больше систем, чем при любом другом виде поведения. Во-первых, воздействуют сенсорные системы, отвечающие за восприятие вкусовых ощущений, запаха, текстуры и даже слуховой и зрительной информации [6, 7]. Во-вторых, включается двигательная система, отвечающая за координацию мышц, с помощью которых человек жует и глотает. В-третьих, активизируются бессознательные связи, регулирующие аппетит, чувство голода и сытости [8]. И, наконец, включаются мыслительные процессы более высокого уровня, отвечающие за распознавание, оценку, запоминание событий и способы реагирования на них, т.е. каждый съеденный кусочек порождает целую волну мозговой активности [2].

3.1. Формирование вкуса пищевых продуктов

Вкус воздействует на мозг изощренными, но поразительно сильными способами [3]. Когда информация о запахе поступает в головной мозг, она попадает в самые отдаленные его части, отвечающие за память и эмоции [11, 60]. Вкус любимой еды может перенести нас в далекое детство живее и ярче, чем мелодия или фотография. Эта глубинная эмоциональная основа также позволяет объяснить, почему иммигранты продолжают хранить верность своей национальной кухне еще долгое время после того, как они перешли на новый язык, новый стиль одежды и даже новую веру. Ностальгия – один из самых говорящих эффектов обоняния, обоняние отправляет в прошлое [10, 65]. Оно напрямую взаимодействует с эмоциональным центром головного мозга. Обоняние показывает нам, что мы находимся в знакомых местах и едим безопасную пищу, или наоборот, что это среда и пища новая и к ним нужно отнестись с осторожностью. Мы часто используем вкус как этнический маркер, и вкусовые сокровища одной культуры нередко поначалу вызывают отвращение у представителей других культур.

Безусловно, феномен вкуса придает «вкус» нашей повседневной жизни [2, 3]. Человек должен ежедневно питаться и, если у него есть выбор, он предпочтет более вкусную еду, причем вкус является главным фактором, на который ориентируются люди при принятии решения о приобретении тех или иных продуктов, доминируя над такими соображениями, как польза для здоровья, цена или экологическое воздействие. Удовольствие от хорошей еды люди оценивают обычно выше, чем удовольствие от спорта, хобби и чтения [11, 65]. И когда у них спрашивают, почему хорошая еда доставляет им такое удовольствие, большинство называют главной причиной вкус. Но здесь есть особые ограничения.

Когда много раз ощущается флейвор определенной еды во время приема пищи, система вознаграждения нашего мозга все слабее реагирует на очередной вход, независимо от того, сколько калорий содержит каждый кусок. Получается, что с каждым куском мы наслаждаемся данной едой все меньше: первый кусок восхитителен, второй – превосходен, но с третьим куском и со всеми последующими кусками, вкус и аромат начинают меркнуть, и человек теряет интерес к этому продукту. Сенсорно-специфическое насыщение наступает через пятнадцать-двадцать минут после начала еды,

поэтому оно может ослабить наш аппетит к тому продукту, который лежит на тарелке, еще до поступления других сигналов сытости, таких как наполнение желудка.

В большинстве случаев вкус представляет собой запах, а не собственно вкусовые ощущения [7]. На самом деле «вкус» включает в себе еще больше аспектов, чем просто вкусовые ощущения и запах. Каждое из пяти наших основных чувств — вкус, обоняние, осязание и даже зрение и слух — вносят свой вклад в восприятие вкуса. Другими словами, вкус еды определяется всей той совокупностью ощущений, которые испытывает человек, когда кладет пищу в рот. Запах еды кажется более интенсивным потому, что вкус и запах в нашем головном мозге усиливают друг друга [8, 65]. Хотя мы обычно воспринимаем вкус и запах как единое целое, в действительности они выполняют разные функции. Запах отвечает за идентификацию — он позволяет нам ответить на вопрос «что это такое» [2, 60]. В отличие от запаха, вкус отвечает на другой вопрос «хочу ли я это съесть». Вкус помогает нам принимать решение более общего характера «хорошо - плохо» или «съедобное-несъедобное» [10]. В конце концов, одна из основных задач нашего мозга — выяснить, какие продукты питательны и достойны внимания, а какие, возможно, ядовиты и их лучше избегать.

Но вкус также предупреждает о том, что мы собираемся съесть что-то вредное и опасное [11]. Многие ядовитые вещества обладают горьким вкусом, поэтому у нас заложено отвращение к горькой пище. Горечь вызывает у нас условный рефлекс «осторожно, яд». Точно также мы склонны отвергать кислый вкус, который может быть признаком испорченной пищи или незрелого, несъедобного пока фрукта. В частности, мы зачастую учимся преодолевать заложенное отвращение к некоторым продуктам, таким как кофе, пиво, кислые леденцы — мало, кто приходит в восторг после первого их употребления [2, 3, 64].

Вкусовая осведомленность может сделать нашу жизнь богаче и глубже, поскольку эта способность является уникальным человеческим даром [3]. Умение распознавать вкус — еще одна специфическая способность человека. Будучи всеядными, наши предки остро нуждались в умении отличать съедобное от несъедобного, и вкус играл ключевую роль. Теперь это навык стал частью нашего эволюционного наследия, поскольку все люди являются экспертами в распознавании вкуса. Мы мгновенно узнаем вкус соленой лососевой икры или копченой сельди, хотя не можем описать их конкретными словами [6, 64].

Когда люди говорят о вкусе еды, они, как правило, сосредотачиваются на вкусовых и обонятельных ощущениях. Существует распространенное заблуждение, что вкус содержится в продуктах. Продукты содержат только химические вещества, из которых наш мозг создает вкус и аромат. Идея, что вкус находится не в еде и даже не во рту или в носу, а в мозге, поистине поразительна [2, 11, 73].

Большинство экспертов считает, что львиная доля вкуса пищи определяется ее запахом, поскольку он несет гораздо больше информации, чем просто ощущение сладости, кислотности, солености, горечи и умами [3, 72]. Многие утверждают, что запах обеспечивает до 70 % вкуса пищи, причем потеря вкуса — это гораздо хуже, чем потеря обоняния. Когда люди перестают воспринимать вкус, они фактически не едят и доводят себя до полного истощения, потому что вкус важнее запаха. Когда вы не чувствуете базовых вкусов, еда просто перестает быть похожей на еду, она превращается в безвкусный пластилин и поэтому трудно заставить себя употреблять его по три раза в день.

Таким образом, за последние несколько лет ученые значительно продвинулись в понимании того, что связано с нашим питанием, начиная с самой пищи и ее восприятием и заканчивая пищевым поведением [2, 73]. Не будет преувеличением сказать, что в наши дни наука о вкусе является одной из самых быстроразвивающихся и интересных дисциплин. По мере углубления знаний, приходит понимание того, что каждый человек живет в своем собственном уникальном мире вкуса, который формируется его генетическим наследием, воспитанием и последующим пищевым опытом, а также культурной средой, в котором он живет.

3.2. Основные компоненты при формировании вкуса пищевых продуктов

Соль. Поваренная соль - это хлорид натрия, который входит в десятку жизненно важных для нас элементов [9]. Человеческий организм не способен создавать запасы соли, поэтому ее нужно регулярно потреблять для обеспечения основных биологических процессов, таких как поддержание уровня кровяного давления, водно-солевой баланс, клеточный метаболизм, передача нервных импульсов и работа мышц [11, 25]. По сути, мы запрограммированы любить соль, чтобы получать ее в достаточном количестве. К счастью, это не представляет труда, так как соль улучшает вкус блюд и обеспечивает тем самым получение удовольствия от еды.

Основное назначение соли в кулинарии - улучшать вкус блюд [9, 34]. Конечно, соль влияет на текстуру блюда и помогает модифицировать другие вкусы, но прежде всего мы солим еду для того, чтобы она стала вкуснее, поэтому одно из основных правил технолога - научиться правильно использовать соль и ваша еда всегда будет вкусной.

Соль оказывает комплексное воздействие на еду, она имеет *собственный* вкус и усиливает вкус других ингредиентов. Соль уменьшает горечь, балансирует сладость и подчеркивает ароматы, в результате мы получаем от еды больше удовольствия [2]. Помимо создания восхитительного вкуса соль минимизирует горечь, усиливает вкус и создает приятный контраст со сладостью сахара [9, 25].

Наши вкусовые рецепторы способны определить, содержит ли блюдо соль и в каком количестве. Но соль также раскрывает многие ароматические компоненты продуктов, усиливая наши вкусовые ощущения от еды. Самый простой способ в этом убедиться - попробовать несоленый куриный бульон. Он будет практически безвкусным, но, если вы добавите в него соль, блюдо заиграет новыми ароматами [2]. Продолжайте солить и дегустировать бульон - и вы начнете ощущать не только соль, но и более сложные, восхитительные вкусы: пикантность цыпленка, богатство куриного жира, пряность сельдерея и тимьяна.

«Раскрытие» вкуса - одна из причин того, почему повара солят нарезанные помидоры за несколько минут до подачи на стол. Соль способствует высвобождению молекул вкуса из белков томатов, поэтому каждый новый ломтик кажется вкуснее предыдущего.

Соль также уменьшает ощущение горечи и одновременно подчеркивает другие компоненты горьких блюд [11, 25]. Она усиливает сладость и уменьшает горечь горько-сладких блюд, таких как горький шоколад, кофейное мороженое или жженая карамель. Соль маскирует горечь соуса или супа более эффективно, чем сахар, который обычно используют в таких случаях.

Жир - это не только важнейший элемент кулинарного искусства, но и один из четырех основных компонентов продуктов питания, наряду с водой, белками и углеводами. Хотя считается, что жир, как и соль, вреден для здоровья, оба этих элемента нам жизненно необходимы [3]. Жир служит медленным источником энергии и участвует в важнейших метаболических процессах, таких как питание и развитие мозга. Если у вас не имеется медицинских противопоказаний, умеренное потребление жира (особенно растительного и рыбьего) не причинит никакого вреда. Так же как и с солью, не следует призывать употреблять человека больше жира, а научить его лучше использовать.

В отличие от соли, жир имеет много видов и источников. В то время как соль - это минерал, который используется в первую очередь для улучшения вкуса блюд, жир играет три разные роли: основного ингредиента, средства кулинарной обработки и приправы. Один и тот же вид жира может сочетать в себе несколько функций, поэтому, прежде чем выбирать жир, определите, для какой цели вы вводите его в состав блюда.

При использовании в качестве основного ингредиента жир существенно влияет на вкусовые качества продуктов [9, 13, 34]. Во многих случаях он является источником насыщенного вкуса и конкретной, желаемой текстуры. Так, жир, добавленный в рубленый бифштекс, в процессе термической обработки расплавляется, пропитывает мясо и делает его более сочным. Сливочное масло обволакивает частицы муки, обеспечивая нежную и рассыпчатую текстуру теста. Оливковое масло придает соусу легкий травянистый вкус и улучшает его текстуру. Количество сливок и яичных желтков в мороженом определяет его вкус и консистенцию.

Роль, которую играет жир в качестве средства кулинарной обработки, пожалуй, самая - впечатляющая и уникальная. Кулинарные жиры могут нагреваться до экстремальных температур, образуя на поверхности продуктов, которые в них готовятся, восхитительную хрустящую корочку [10, 37]. Любый жир, на котором мы готовим еду, будь то арахисовое масло для жарки курицы, сливочное масло для тушения овощей или оливковое масло для припускания тунца, можно назвать средством кулинарной обработки.

Некоторые жиры могут также использоваться в качестве приправы для улучшения вкуса или текстуры блюда перед подачей на стол: пара капель кунжутного масла из обжаренных семян оттенит рис, ложка сметаны придаст насыщенный, сливочный вкус супу, небольшое количество майонеза сделает сочнее сэндвич с беконом и овощами, а тонкий слой сливочного масла станет прекрасным дополнением к хрустящему хлебу [9].

Чтобы определить, какую роль играет жир в блюде, задайте себе следующие вопросы:

- будет ли этот жир связывать разные ингредиенты воедино? Если да, то он является основной составляющей;
- влияет ли этот жир на текстуру? В слоеных, кремообразных и легких текстурах жир играет роль основного ингредиента, в хрустящих - роль средства кулинарной обработки, а в мягких - и ту и другую;
- будет ли этот жир нагреваться и использоваться для приготовления пищи? Если да, то это средство кулинарной обработки;
- играет ли этот жир вкусовую роль? Если он добавляется в начале приготовления, то это основной ингредиент, если в конце - то приправа.

Так вам будет проще выбрать жир, который оптимально подходит для вашего блюда.

Влияние жира на вкус еды. Жир придает еде вкус [9]. Хотя некоторые жиры имеют собственный, вполне различимый вкус, любой жир помогает нам распознавать ароматы, а также улучшает вкусовые качества продуктов. Жиры обволакивают язык, продлевая контакт ароматических компонентов с вкусовыми рецепторами и усиливая вкусовые ощущения от еды [3, 37]. Все жиры разные на вкус, и эти особенности нужно учитывать, так же как и особенности кухни, в которой они традиционно используются.

Размягченное (комнатной температуры) или растопленное сливочное масло, смешанное с тестом в качестве основного ингредиента, придает выпечке насыщенный сливочный вкус и обеспечивает его замечательную текстуру, от слоеной до нежной и рассыпчатой. В отличие от оливкового масла сливочное не является чистым жиром, оно также содержит воду, молочный белок и сухую сыворотку, которая и дает «тот самый» вкус. При нагревании несоленого сливочного масла получается коричневое масло со сладким вкусом и ореховым ароматом. Коричневое масло - это классический ингредиент французской и итальянской кухни. Особенно хорошо оно сочетается с фундуком, зимними сортами тыквы и шалфеем [11, 34].

Животные жиры. Во всех культурах, где употребляют мясо, используются животные жиры в качестве основного ингредиента, средства кулинарной обработки и приправы [9]. Большинство ароматических молекул отталкиваются водой, поэтому в мясе они находятся преимущественно в жире. В результате любой животный жир имеет более насыщенный вкус, чем нежирное мясо.

Говяжий жир. Твердый животный жир называется сырым (нутряным, салом), а жидкий - топленным [10]. Говяжий жир является важнейшим компонентом гамбургеров и хот-догов, придает им сочность и мясной аромат. Без жира гамбургер был бы сухим, ломким и безвкусным. На топленом жире часто жарят картошку фри и готовят йоркширский пудинг, который традиционно запекается в огромной форме и подается с ростбифом [9, 35].

Свиной жир. Свиной жир является важной добавкой к колбасным и мясным блюдам, обеспечивая им необходимую текстуру и богатый вкус. Свиное сало используется для бардирования и шпигования - двух известных кулинарных приемов увеличения жирности мяса [5]. Бардирование - это обертывание нежирного мяса тонкими ломтиками сала, бекона или панчетты, а шпигование - это введение кусочков сала (шпика) в глубокие надрезы или проколы. И то и другое улучшает вкусовые качества мяса.

Имея высокий порог дымообразования, свиной жир отлично подходит для тепловой обработки продуктов и широко применяется в Мексике, южной Италии, северных Филиппинах и на юге США [9, 35]. Его также добавляют в тесто, но это следует делать избирательно - не всем понравится чернющий пирог со вкусом свинины.

Куриный, утиный и гусиный жир [2]. В кулинарии эти жиры используются только в жидком виде, например, топленый куриный жир - традиционный ингредиент еврейской кухни. Сохраните оставшийся после приготовления утки или гуся жир, процедите его и используйте для жарки картошки и других корнеплодов. Мало что сравнится с картофелем, жаренным в утином жире.

Бараний жир обычно используют в сыром виде, он является важным ингредиентом колбасных изделий в тех странах, где не употребляют свинину [11, 37]. Обычно жир улучшает вкус мяса, не случайно качество стейков определяется степенью их мраморности, или жирности. Но есть жир, который мы не любим, это, например, резиновая, жесткая кожа куриной грудки или

жирные лужи, которые остаются на тарелке после свиной грудинки. Почему одни животные жиры мы ценим, а других избегаем?

Жировые прослойки в мышечных волокнах - это и есть мраморный жир, который так ценится в стейках [9, 35]. В процессе жарки он растапливается, пропитывает мясо изнутри, и стейк получается нежным и сочным. К тому же химические соединения, придающие мясу характерный вкус (говядине - говяжий, свинине - свиной, курице - куриный), сконцентрированы в жирной, а не в постной части их мышечной ткани. Вот почему бедрышки цыпленка имеют более насыщенный вкус, чем грудка.

Кроме того, жир обуславливает особенности региональной кухни. Выбирайте тот вид жира, который традиционно используется в данном блюде, иначе, как бы вы ни старались, вкус будет не тот.

Как работает жир. Вид жира влияет на вкус продуктов, а *способ* его использования - на текстуру, которая имеет не меньшее значение: она вызывает целую гамму эмоций и вызывает удовольствие, получаемое от еды [11, 37]. С помощью жира можно получить пять видов текстуры: хрустящую, кремообразную, слоеную, нежную и воздушную.

Хрустящая текстура. Все мы любим чем-нибудь похрустеть. По словам шеф-повара Марио Батальи, понятие «хрустящий» является самым важным при определении вкуса очень многих блюд [10, 35]. Хрустящие продукты возбуждают аппетит, вызывая воспоминания о приятных ароматах, вкусах и звуках. Достаточно представить жареного цыпленка, его хрустящую румяную корочку, восхитительный вкус и умопомрачительные ароматы, и сразу начинают течь слюнки.

Чтобы еда стала хрустящей, вода, содержащаяся в ее клетках, должна испариться. Вода испаряется при кипении, поэтому поверхность ингредиента должна нагреться до 100 °C.

Для достижения такого эффекта по всей поверхности продукта необходимо обеспечить его непосредственный и равномерный контакт с источником тепла, то есть сковородой, нагретой выше температуры кипения воды. Поскольку поверхность продуктов и большинства сковородок - на микроскопическом уровне - не является абсолютно гладкой, жир выполняет функцию посредника. Кулинарные жиры способны выдерживать температуры до 180 °C без образования дыма, поэтому являются идеальным средством для создания золотистой хрустящей корочки, которая так радует наши вкусовые рецепторы [11, 36]. Существуют следующие способы создания хрустящей текстуры с использованием жира: подрумянивание (обжаривание), пассерование, жарение в небольшом, среднем и большом количестве жира. (Дополнительный плюс: при использовании жира еда не прилипает к сковороде.)

Кислоты. Основное назначение кислоты - не вызывать оскмину, а *балансировать* вкус [3]. Кислота создает вкусовой контраст и повышает удовольствие, получаемое от еды.

Ожидание, что укус превратит суп в кисло-сладкую гадость, а вместо этого он раскрыл мельчайшие оттенки вкуса, когда отчетливо ощущается вкус сливочного и оливкового масел, лук, бульон, сахар и минеральные вещества, содержащиеся в моркови [8, 11, 36]. Было сложно предположить, что в блюде содержится укус, но теперь понятно, чем оживить плоский вкус.

Надо постоянно пробовать блюда не только на соль, но и на кислоту, поскольку окончательно понятно, что соль и кислота - это два сапога пара [10, 37]. В то время как соль *улучшает* вкус еды, кислота его *балансирует*. Кис-

лота служит контрастным фоном для соли, сахара, жира и крахмала, что делает ее незаменимым элементом любого технологического процесса.

С технической точки зрения любая субстанция с рН ниже 7 - это кислота [3, 36]. Все, что на вкус кислое, является источником кислоты, в кулинарии такими источниками обычно служат цитрусовый сок, уксус и вино. Приятную кислинку блюдам добавляют и любые ферментированные ингредиенты, от сыра и хлеба на закваске до кофе и шоколада, а также большинство фруктов, включая помидор [11, 68].

Как кислота влияет на вкус блюд. Выражения «*слюнки текут*» и «*пальчики оближешь*» давно стали синонимами. Аппетитные продукты и запахи, воздействуя на наши рецепторы, способствуют образованию слюны [2]. Из пяти основных вкусов кислый вызывает самое сильное слюноотделение. Слюна балансирует кислоту, вредную для зубов, и чем кислее пища, тем больше выделяется слюны. Вот почему кислота - это неотъемлемая часть многих приятных гастрономических впечатлений.

Точнее, не сама кислота, а контраст вкуса, который она создает, повышая удовольствие от еды. Кислота, как и соль, усиливает вкусовые качества продуктов [9, 68]. Но она работает несколько по-другому: вкусовой порог соли является абсолютным, а кислотный баланс - относительным.

Представьте, что вы солите бульон. Если концентрация соли превысит определенный уровень, бульон станет несъедобным. Единственный способ спасти ситуацию - это добавить несоленую жидкость, чтобы увеличить общий объем блюда и снизить концентрацию соли.

А теперь представьте, что вы делаете лимонад [11]. Отмерьте нужное количество лимонного сока, воды и сахара, но смешайте только воду с лимонным соком. Попробуйте получившуюся смесь - она будет неприятно кислой. Добавьте сахар и снова попробуйте, совсем другой вкус. Притом что лимонад *не стал менее кислым*: уровень рН, или кислотности, остался прежним. Сахар просто *балансирует* кислоту и сахар - не исключение: соль, жир, горечь и крахмал неизменно выигрывают от контраста с кислотой [10].

Кислота требуется при использовании *химических разрыхлителей*, таких как пекарский порошок и пищевая сода. Вспомните бурлящие вулканы соды и уксуса на уроках химии. Здесь происходит то же, только в меньших масштабах: кислота вступает в реакцию с содой, высвобождая углекислый газ и разрыхляя тесто. Если в качестве разрыхлителя применяется пищевая сода, тесто должно содержать какие-нибудь кислые ингредиенты вроде натурального какао-порошка, коричневого сахара, меда или пахты. Что касается пекарского порошка, то в нем уже есть винная кислота, поэтому ничего другого добавлять не нужно.

Кислота способствует более быстрому, но менее плотному свертыванию, или коагуляции яичного белка [3, 68]. При нагревании белковые волокна разъединяются и сокращаются, выделяя воду, в результате чего яйцо высыхает и затвердевает. Кислота удерживает волокна белка вместе, благодаря чему они не так сильно деформируются. Несколько капель лимонного сока сделают более нежной и воздушной яичницу-болтунью, а чашка уксуса, добавленная в кастрюлю с водой для яиц, ускорит коагуляцию белка, но сохранит жидким желток [11].

При смешивании теста кислота, как и жир, делает его более нежным [10, 68]. Любая форма кислоты, будь то молочнокислые продукты, натуральный какао-порошок или уксус, разрушает глютенную сеть, придавая тесту мягкость и пластичность. Если вам нужна пышная, упругая выпечка, добавляйте кислые ингредиенты как можно позже.

Кислота размягчает, а затем уплотняет белки мяса и рыбы [6]. Представьте себе белок в виде пучков скрученных волокон. Под воздействием кислоты они разворачиваются и раскручиваются. Этот процесс называется денатурацией. Денатурированные белки начинают сближаться и склеиваться друг с другом, образуя новые сети, происходит коагуляция. Те же реакции возникают и при нагревании белков.

Поначалу склеенные сети удерживают воду, содержащуюся в мышечных волокнах, делая еду более сочной и нежной. Но при длительной денатурации, то есть нахождении в кислой среде, белковая сеть будет продолжать уплотняться, «выжимая» воду из волокон, в результате чего блюдо получится жестким и сухим, как пережаренный стейк [3]. Кислота разрушает коллаген, основной структурный белок соединительной ткани, поэтому добавляйте вино или томаты в самом начале приготовления блюд из тушеного мяса, это ускорит процесс и улучшит качество еды.

Производство кислоты. Быстрый способ - это подрумянивание продуктов, что обычно происходит с кусочком хлеба в тостере, печением и тортом в духовке, мясом, рыбой и овощами на гриле и карамелью в сковороде. При подрумянивании сахара происходит химическая реакция, которая называется карамелизацией, а при подрумянивании мяса, морепродуктов, овощей и запеченных продуктов - реакция Майяра [10].

Хотя карамелизация и реакция Майяра - это абсолютно разные процессы, они имеют общее свойство: создавать компоненты кислого вкуса и других вкусовых ощущений [11]. Одна-единственная молекула сахара при карамелизации образует сотни новых соединений, в том числе и кислоты. Другими словами, одно и то же количество сахара и жженой карамели будет неодинаковым по сладости, т.к. по сути, карамель - это *кислый* ингредиент [9, 13]. Примерно то же происходит и при реакции Майяра.

Медленный способ производства кислоты называется *ферментацией* - это процесс, в результате которого под воздействием дрожжей, бактерий или их комбинации углеводы превращаются в углекислый газ, кислоту или алкоголь, образуя многочисленные вкусовые соединения [6]. Вино, пиво, яблочный сидр, хлеб на закваске, маринованные овощи, вяленое мясо, молочнокислые продукты и даже кофе и шоколад - все это ферментированные продукты.

Тепловая обработка или жар - это элемент трансформации. Независимо от источника тепло изменяет свойства продуктов, превращая их из сырых в готовые, из жидких в твердые, из плоских в пышные и из бледных в золотисто-коричневые.

В отличие от соли, жира и кислоты, тепло не имеет вкуса и материальной формы, но его влияние весьма ощутимо. Сенсорные сигналы, такие как шипение, бульканье, потрескивание, пар, ароматы и подрумянивание, часто более важны, чем термометр [2, 3, 13]. Другими словами, в работе с теплом вам помогут все ваши чувства, включая и здравый смысл.

Как работает тепло. Коротко говоря, тепло - это энергия. Еда состоит из четырех базовых типов молекул: воды, жира, углеводов и белка. Ускоряясь, молекулы разрушают межатомные связи, в результате чего некоторые атомы «отщепляются» и образуют новые молекулы [8]. Этот процесс называется *химической реакцией*.

Химические реакции, возникающие под воздействием тепла, влияют на вкус и текстуру продуктов. Молекулы воды, жира, углеводов и белков реагируют на тепло по-разному, но вполне предсказуемо.

Сахар. Бесвкусная и бесцветная сахароза, или *sacchar*, - это сладость в чистом виде. Под воздействием тепла сахар тает. Смешайте гранулированный сахар с водой, нагрейте его до высоких температур - и получите множество кондитерских изысков самых разных текстур, типа зефира, беэе, ириса, нугу, грильяжа, тоффи, пралине и карамельные леденцы [2].

Работа с горячим сахаром - одна из самых виртуозных технологических практик, хотя и не особенно сложная. При температуре около 140 °C жидкий сахарный сироп превращается в твердую нугу, а при 150 °C - в тоффи [9]. Разница всего в десять градусов. При сверхвысоких температурах (свыше 170 °C) молекулы сахара начинают темнеть по непонятным пока причинам, разрушаться и образовывать сотни новых соединений. Это *карамелизация* - один из самых эффективных способов изменения вкуса с помощью тепла. Карамелизованные сахара генерируют не только кислые вкусовые соединения, но и множество других, включая горькие, фруктовые, карамельные, ореховые и хересные.

Кроме крахмала, способного превращаться в сахар, фрукты, овощи, молочные продукты и некоторые зерновые содержат природные сахара, которые могут вступать в те же реакции, что и обычный столовый сахар. При нагревании они становятся слаще и даже могут карамелизоваться. Так, при варке моркови содержащийся в ней крахмал начинает распадаться на простые сахара, а стенки клеток, содержащие эти сахара, разрушаются. Благодаря этому на наши рецепторы попадает больше сахара, поэтому вареная морковь кажется более сладкой, чем сырая [10].

Незначительное количество сахара, содержащееся в овощах, после сбора урожая практически исчезает, поэтому свежесобранная продукция намного вкуснее и слаще, чем после хранения [8]. Известно множество историй о том, как наши бабушки сначала ставили кастрюлю на плиту и только потом отправляли детей на огород за кукурузой. Они были правы: крахмалистые овощи вроде кукурузы или гороха, полежавшие всего несколько часов при комнатной температуре, теряют половину содержащегося в них сахара [9]. То же касается и картофеля: в процессе хранения его вкусовые качества снижаются, а сахар начинает превращаться в крахмал. Пожарьте свежескопанную картошку - и она сгорит раньше, чем «приготовится» изнутри, поэтому для жарки и фритюра используйте старый, полежавший картофель и промывайте его после нарезки водой, чтобы избавиться от лишнего крахмала. Только тогда ваша жареная картошка получится хрустящей, а не подгоревшей.

Подрумянивание и вкус. Если продолжать нагревать белки вместе с углеводами, произойдет еще одна удивительная вещь - *реакция Майяра*, при протекании которой происходит самое сильное влияние тепла на вкус [3, 13]. Сравните обычный хлеб с тостом, сырой тунец с жареным, вареное мясо или овощи с запеченными: в каждом случае подрумяненная версия будет намного вкуснее, это является результатом реакции Майяра.

Благодаря такой трансформации ароматические соединения преобразуются в абсолютно новые вкусы. Другими словами, подрумяненные продукты позволяют нам испытать целую гамму новых ощущений. Кроме того, подрумянивание обычно сопровождается дегидратацией и образованием хрустящей текстуры, которая так радует наши вкусовые рецепторы [9].

Подрумянивание начинается при 110 °C, что значительно выше температуры кипения воды и порога коагуляции белков [2]. А поскольку тепловая обработка, необходимая для образования аппетитной румяной корочки, высушивает белки, будьте внимательны. Нежное мясо, такое как стейки и

отбивные, готовьте быстро и на сильном огне. Более жесткие куски вроде грудинки сначала подрумянивайте, а затем доводите до готовности при низкой температуре или наоборот: сначала доведите мясо до готовности в мягком тепле, а затем обжарьте на сильном огне до получения румяной корочки.

Подрумянивание – это уникальный технологический прием, требующий внимательности [9, 13]. Примените неравномерное или слишком сильное тепло – и вместо восхитительно золотистой корочки у вас получится обугленная; будете жарить стейк слишком нерешительно – он «переготовится» раньше, чем подрумянится.

3.3. Технология формирования флейвора пищевых продуктов

Разработка пищевых флейвористов превратила алхимию в научную дисциплину, основанную на надежных количественных знаниях. Сегодня продвинутый флейворист из стран с рыночной экономикой, работающий в пищевой отрасли, имеет в своем распоряжении более семи тысяч различных ароматических веществ для создания новых флейворов [11, 21]. В РФ данное направление исследований находится на нулевом уровне, не считая некоторых лабораторий, развитие которых осуществляется вопреки здравому смыслу, поскольку нет целевого финансирования данной области знаний. Основная проблема при создании лаборатории или кафедры – это накопление базы ароматических веществ (самая трудоемкая и затратная составляющая в данной области знаний) и наличие кадров, которые хотят заниматься этими проблемами [4, 5].

Прежде всего, из пищевого сырья необходимо удалить аллергены или хотя бы снизить их влияние до нормативного уровня [10]. Затем, одна из главных задач при создании нового продукта – достичь гармонического баланса между контрастом и сходством ингредиентов. Продукты могут сочетаться друг с другом, потому что их флейворы перекликаются, или контрастируют и подчеркивают друг друга [3, 21, 40].

При создании аромата следует начинать с так называемого характерного компонента – пахучего вещества, которое так сильно выделяется в данном аромате, что собственно и создает его облик [7, 22]. Далее идет наслоение верхних «нот» – быстро улетучивающихся ароматических соединений, которые первыми воздействуют на рецепторы, но также быстро исчезают. Они не являются такими же узнаваемые, как характерные компоненты, но зачастую придают более универсальные оттенки. Затем добавляются нижние базовые «ноты», которые проявляются медленнее, но сохраняются гораздо дольше, тем самым обеспечивая полноту вкуса.

После создания «скелета» флейвора, начинается подбор компонентов, добавляющие тонкие оттенки конкретному флейвору. Наконец, необходимо обратить внимание на сбалансированность аромата, поскольку флейвор должен быть гармоничным, сбалансированным и чистым, чтобы сохранить его на протяжении всего пути, т.е. до потребителя. Некоторые ароматические соединения окисляются под воздействием воздуха, другие ароматы, особенно содержащие летучие соединения, просто улетучиваются, поэтому со временем теряют свою привлекательность. В частности, в богатых белком гидробионтах атомы серы, постепенно связываются с ароматическими молекулами, что препятствует их высвобождению в полости рта [6, 40].

Человеческая способность к восприятию вкуса сыграла очень важную роль в формировании его как вида, поскольку мы никогда не смогли бы развить чрезвычайно энергоемкий головной мозг, не имея достаточно про-

стого способа получения энергии – через тепловую обработку пищи [10, 21]. Например, известно, что сырые полуфабрикаты не способны дать достаточно калорий, чтобы обеспечить энергией современного человека. Тепловая обработка сырья разрушает трудноперевариваемые ткани и разделяет их на более мелкие, легко усваиваемые человеком фрагменты, таким образом, помогая извлечь из еды больше калорий. И в процессе этого создается богатейшая палитра новых восхитительных вкусов.

Мы до сих пор не умеем различать детали запаха, а воспринимаем его как единый композиционный подход, и поэтому не видим тонкостей и деталей, которые могли бы назвать при описании [1, 11, 22]. Например, если мы смотрим на яблоко, то можем сказать, какого оно цвета и размера, спелое или нет. Но если мы его понюхаем, то сможем лишь сказать, что оно пахнет яблоком [8, 40].

Качественное восприятие вкуса и запаха продукта включает в себя широкий спектр ощущений, возникающий в ротовой и носовой полости [7]. Кроме того, поскольку носовая полость сообщается с ротовой, первоначальное обонятельное ощущение часто сливается со вкусовым или дополняется новыми оттенками при определении вкуса. Поэтому для многих продуктов запах и вкус оценивается как один общий показатель качества [2, 8, 22]. Для характеристик комплексного ощущения запаха и вкуса применяют термин «флейвор». Важно отметить, что такой термин давно известен и широко используется только в определенных отраслях пищевой промышленности.

Сейчас, при органолептической оценке и описании продукции большинство дегустаторов используют только обонятельные и вкусовые ощущения, тогда как ощущения тепла и холода формализуются редко, в том числе потому, что знакомы небольшому кругу специалистов [6, 21]. Такой подход был обусловлен несколькими факторами: преобладающий практикой оценки соответствия продукции требованиям нормативного документа, практически полным отсутствием исследованием в отношении потребительских предпочтений и восприятия сенсорных свойств продуктов. В России оценка органолептических свойств продукции изначально рассматривалась дифференцированно [8, 40]. Следует отметить, что за последние 20 лет в стране не проводилось как теоретических, так и прикладных исследований.

Одна из главных задач при создании нового продукта – достичь гармонического баланса между контрастом и сходством ингредиентов [11]. Продукты могут сочетаться друг с другом, потому что их флейворы перекликаются, или контрастируют и подчеркивают друг друга. В частности, картофель фри обычно подается с порцией майонеза. Без майонеза картофель кажется слишком соленым, поскольку содержащийся в майонезе жир обволакивает язык, поэтому при употреблении картофеля с майонезом мы ощущаем меньше соли [4, 10]. В этом и состоит задача технолога, чтобы собрать воедино комплект вкусоароматических веществ и правильно их сбалансировать.

Первый способ обеспечить продукту богатый флейвор заключается в том, чтобы извлечь из сырья вкусоароматические вещества и сконцентрировать их, повысив тем самым интенсивность флейвора [7, 40]. Извлечение веществ основано на растворимости: большинство летучих ароматических веществ, лучше растворяются в масле, чем в воде. Если бросить горстку розмарина в рагу, большая часть содержащихся в нем терпенов испарится, наполнив кухню аппетитным ароматом, но очень мало его окажется в самом рагу. Гораздо правильнее сначала обжарить розмарин в растительном или

сливочном масле, желателью вместе с луком, чтобы терпены растворились в масле и остались в продукте.

Вторую возможность создания богатого флейвора обеспечивает тепловой процесс приготовления пиццы [11, 21]. Тепло влияет на вкус путем разрушения больших молекул, таких как жиры и белки, на более мелкие и летучие. Например, в сыром виде большинство разновидностей мяса имеют слабовыраженный флейвор. Вряд ли обыватели способны отличить по запаху и вкусу друг от друга кусочки сырой говядины, баранины и свинины. Все они обладают мягким флейвором, который часто называют «кровянистым». Мясо представляет собой мышечные ткани млекопитающих и птиц и эти мышечные ткани выполняют похожие функции с аналогичным набором биохимических показателей. Вот почему говядина и баранина в сыром виде имеют схожий вкус и запах.

Основной флейвор мяса образуется в процессе его приготовления, когда под воздействием тепла жирные кислоты начинают расщепляться на более мелкие молекулы, многие из которых имеют сильный аромат [10, 22]. Поджаривание влечет за собой целую серию изменений вкуса и запаха продуктов питания во время ее приготовления - это называется реакцией Майяра, хотя в действительности наблюдается сложный каскад взаимосвязанных химических реакций. Процесс начинается с того, что аминокислоты и сахара вступают в реакцию друг с другом, в результате чего образуется ряд неустойчивых промежуточных соединений [2, 11]. Затем эти соединения начинают реагировать между собой и иногда с жирными кислотами и другими веществами, в результате чего процесс становится настолько сложным, что его невозможно полностью отследить. Получающиеся в результате продукты имеют характерный коричневый цвет, а многие из них также являются летучими пахучими веществами. Поскольку каждая еда имеет свою отправную точку в виде специфической комбинации аминокислот и сахаров, реакции может протекать очень большом диапазоне.

Результаты изучения состава летучих веществ наглядно демонстрируют, как важно понимать, что органолептические изменения, происходящие в мясе при созревании, зависят не только от длительности самого созревания, но и от характера протекания автолиза, который обусловлен огромным количеством факторов [11].

Свой притягательный аромат кофе приобретает за счет летучих соединений, которые образуются в процессе обжарки [2, 10]. Возникают они благодаря реакции Майяра – химической реакции между сахарами и аминокислотами, происходящей при нагревании и приводящей к целому набору взаимосвязанных химических превращений. Конечный вкус и аромат возникает в зависимости от состава и соотношения веществ, накопленных в результате. Химический состав разных сортов кофе отличается в связи с разной концентрацией основных компонентов. На итоговый аромат влияют также и время обжарки, и ее температура, и способ дальнейшего хранения зерен, так как большинство веществ, отвечающих за специфический кофейный аромат, очень нестойкие и теряют за счет испарения или взаимодействия с другими соединениями.

Очень часто реакции Майяра приводит к образованию канцерогенных соединений, поэтому сегодня химики-технологи пытаются научиться управлять многочисленными потоками этой реакции таким образом, чтобы увеличить производство полезных веществ и избежать образования вредных соединений [11].

Протекание реакции Майяра требует аминокислот или образованных из них белков, то наиболее интенсивно она протекает в богатых белками продуктах, таких как мясо, рыба, хотя большинство злаков и овощей содержит достаточное количество белка, чтобы она дала заметные результаты [2]. В некоторых овощах, особенно богатых сахаром, таких как лук, реакция Майяра сопровождается еще одной реакцией – карамелизацией, при которой молекулы сахара вступают в реакцию между собой, а не с аминокислотами, и образуют аналогичный каскад ароматических продуктов [9]. Поскольку в сахарах нет атомов азота и серы, которые имеются в аминокислотах, процесс карамелизации производит довольно узкий диапазон ароматических соединений со значительно меньшим по интенсивности флейвором, чем у жареных продуктов. При всей сложности данного процесса им нужно в некоторой степени управлять. Мясо, с большим содержанием жира, образует значительно больше продуктов распада жирных кислот, и, следовательно, больше фуранов, играющих главные партии в аромате жареного мяса [10].

Третий основной способ, с помощью которого создается флейвор – это ферментация, процесс, который создает разнообразные оттенки вкуса и аромата в таких продуктах, как сыр, хлеб, соевый соус, пиво и вино [11]. На самом деле ферментация или брожение не являются процессом приготовления пищи, а представляют процесс управления микроорганизмами, которые выполняют всю работу по расщеплению сахаров и других веществ, содержащихся в продуктах.

Таким образом, работа флейвориста заключается в том, что готовый продукт объединяет в мозге отдельные ощущение вкусовой, обонятельной и осязательной сенсорных систем в единое, целостное восприятие. Благодаря такому синтетическому восприятию мы способны запоминать и узнавать продукты, которые обеспечивают нас необходимыми питательными веществами.

3.4. Общее восприятие вкуса

Качество или привлекательность того или иного пищевого продукта обусловлено совокупностью производимых им сенсорных впечатлений, которую называют букетом, вкусом или ароматом. Этот комплексный образ создают такие свойства пищи, как вкус, запах, консистенция, температура и цвет, причем вкус – это наиболее очевидная составляющая аромата [10]. Собственно понятие "вкус" в строгом смысле этого слова применимо только к ощущениям, возникающим в специализированных вкусовых сенсорных единицах – вкусовых почках.

Представление человека о пищевом продукте формируется в результате анализа информации, поступающей от рецепторов органов чувств [2, 21]. Для оценки качества пищевых продуктов используются органы зрения, вкуса, а также обонятельные, тактильные и даже слуховые рецепторы, которые дают сведения о внешнем виде, вкусе, запахе, консистенции и звуке, возникающем при механическом разрушении продукта. Качество продуктов питания обусловлено совокупностью производимых им сенсорных впечатлений, которую называют букетом, вкусом или ароматом. Данный образ создают такие свойства пищи, как вкус, запах, консистенция, температура и цвет, причем вкус – это наиболее очевидная составляющая аромата.

Собственно понятие «вкус» в строгом смысле этого слова применимо только к ощущениям, возникающим в специализированных вкусовых сен-

сорных единицах -вкусовых почках. В физиологии вкуса часто используются термины «основной вкус» и «первичный вкусовой стимул». В этом обзоре мы используем данные термины в наиболее общей трактовке. *Основной вкус* - важнейший качественный элемент вкусового ощущения, одно из значительно отличающихся вкусовых качеств, имеющих общеизвестное название [6]. *Первичный вкусовой стимул* - носитель основного вкуса, химическое вещество (стимул), которое используется для воспроизведения основного вкуса.

Вкусовой анализатор человека способен различать в виде вкусовых стимулов чрезвычайно большое разнообразие химических веществ - от минеральных солей и ионов натрия и водорода до более сложных соединений типа сахаров, аминокислот, алкалоидов, жирных кислот и многих других, в том числе токсичных соединений [8, 22]. Чтобы приспособиться к такому разнообразию в размерах и структуре молекул вкусового стимула, клетки должны иметь широкий набор рецепторов и механизмов их преобразования.

Выбор пищи и питья животными или человеком основан на активности химических детекторов (вкусовых клеток), которые объединены в морфологическую единицу -вкусовую почку [2, 6]. Функция вкусовой почки состоит из преобразования химического сигнала, т.е. информации о составе и размерах ионов и молекул вкусового стимула в последовательность действующих электрических импульсов в нервных волокнах для передачи их в высшие отделы нервной системы. Полный процесс очень сложен, и его обычно разделяют на два основных функциональных этапа: преобразование химической информации и кодирование ее.

Преобразование относится к процессам, с помощью которых вкусовая почка распознает химический стимул и генерирует клеточный сигнал в виде изменения мембранного (рецепторного) потенциала [8, 21]. Около половины объема вкусовой рецепторной клетки занято цитозолем, который в основном состоит из белка. Между рецепторной клеткой и внеклеточной жидкостью происходит непрерывный обмен ионами. Концентрация ионов во внеклеточной среде поддерживается на постоянном физиологическом уровне. Концентрация каждого из ионов в цитоплазме вкусовой рецепторной клетки также имеет специфический уровень, отличающийся от такового вне клетки.

Плазматическая мембрана рецепторной клетки проницаема для многих ионов [2, 6]. Они преодолевают мембрану через поры, образованные белковыми ионными каналами, погруженными в мембрану. Внутри таких белков имеется заполненный водой канал, через который могут двигаться ионы. Они движутся по градиенту концентрации, и, поскольку несут заряд, их движение по каналам регулируется мембранным потенциалом [10, 22]. Мембранные каналы обладают избирательностью по отношению к типу молекул, которые могут через них проходить. Существуют, например, калиевые, натриевые и кальциевые каналы, каждый из которых практически непроницаем для других ионов, кроме своего [33].

Задача мембранных ионных каналов состоит в регулировании потоков различных ионов между клеткой и внеклеточной средой [10]. Каждый канал имеет специфическую проницаемость для различных ионов, проводимость, механизм открывания и закрывания, зависимость от потенциала мембраны и дополнительные характеристики регуляции. Управление каналами может идти как под воздействием электрического потенциала мембраны или присоединения медиаторных каналов, так и через каскад молекулярных событий в клетке с выделением вторичных веществ, управляющих каналами.

Разнообразные ионные каналы имеются во многих типах клеток, тканей, органов и организмов.

Значительное разнообразие ионных каналов выявлено и во вкусовых рецепторных клетках, которые находятся в мембранах [14,46]. Имеются два основных механизма преобразования, посредством которых ионные каналы выполняют роль вкусовых рецепторов и активируют клетку при стимуляции [10]. Результаты исследований показали, что ионные каналы, которые выступают в роли вкусовых рецепторов, это в основном катионные каналы. Взаимодействие таких каналов с вкусовым стимулом вызывает деполяризацию мембраны, что является первым признаком активации рецепторной клетки. За деполяризацией мембраны следует серия действующих потенциалов.

Человеческий вкус относится к таким чувствам, которые требуют, чтобы вещества-раздражители вступали в контакт с языком. Вкус, как и обоняние, является химическим чувством, потому что реагирует на химические субстанции.

3.5. Почему мы постоянно переедаем

Наша страна уже начала превращаться в гастрономическую ярмарку вкусных, доступных и относительно дешевых продуктов. Современная еда определенно стала более доступной для всех жителей РФ начиная с 2000 годов, когда массово открылись и стали функционировать в стране крупные супермаркеты, сетевые закусочные и рестораны, потихоньку стала навязываться зарубежная мода завтракать, обедать и ужинать вне дома. Конечно, людям удобно где-то поесть – это комфортно и при этом решается масса бытовых проблем. Вместе с тем, наличие доступной еды вовсе не означает, что ее обязательно нужно есть [5].

В чем заключается особенность современных людей. В среднем они стали тяжелее предыдущего поколения, причем самые толстые люди поправились несонизмеримо больше остальных [3]. Разрыв между самыми худыми и самыми толстыми постепенно увеличивается, увеличение среднего веса происходит из-за того, что толстые люди потолстели еще больше. Все это происходит в основном за счет современного питания.

Что же подталкивает нас к обжорству. В современном мире супермаркеты есть даже в самых северных городах многих стран мира, в которых круглый год продают фрукты и ягоды. Где бы мы ни находились, мы теперь имеем круглосуточный доступ к еде с повышенной вкусовой привлекательностью. В стране практически не осталось населенных пунктов, где была бы нехватка ресторанов, продуктовых магазинов и торговых автоматов. Повсеместная доступность еды означает не только нашу способность без проблем ее покупать, но и практически без особого труда есть где угодно. При этом любовь к каким-то конкретным продуктам обычно не имеет приоритетного значения и не является причиной бесконтрольного переедания. Нам известно, что перееданию подвержены не только люди с избыточным весом, но даже стройным людям приходится бороться со своим пристрастием к еде и прилагать огромные усилия, чтобы противиться практически непреодолимому желанию что-нибудь съесть.

Что может сдерживать наш вес. Известно, что интенсивные физические упражнения в основе своей помогают поддерживать вес человека на определенном уровне, но при этом требуется прилагать определенные усилия [2, 21, 22]. Нарушение обмена веществ также не является причиной набора

лишних килограммов, но люди с ожирением сжигают больше калорий, чем те, у кого нет проблем с весом. Подобно температуре или кровяному давлению, которые наш организм стремится поддерживать в достаточно узком диапазоне, энергия регулируется за счет процесса, благодаря которому запасы его в теле поддерживаются приблизительно на одном уровне. Данный механизм позволяет нам ежегодно проглатывать тысячи калорий, не прибавляя и не теряя сильно в весе.

Нам необходимо понять, почему еда обладает над нами такой сильной властью. У нас вырабатывается условный рефлекс на еду и сигналы, которые о ней напоминают, они захватывают человеческое внимание, заставляя чувствовать предвкушение, из-за чего нарастает наше желание [3]. Дело в том, что мы до сих пор не поняли, почему употребление определенных продуктов приводит к тому, что их хочется есть снова и снова. Споры по этому вопросу могут быть связаны с тем фактом, что при анализе данных обо всех съеденных людьми продуктах разница между стройными и толстыми добровольцами оказалась минимальной.

Производители продуктов питания, технологи пищевого производства и владельцы сети ресторанов и закусочных может и не до конца понимают научную подоплеку аппетита и притягательности их еды, однако они прекрасно осознают, что люди очень легко попадают под прицел современной пищевой промышленности, став для нее невероятно легкой добычей [11]. Довольно часто люди попросту не могут остановиться.

Это довольно замысловатая система, принцип действия которой можно описать следующим образом. Различные части нашего организма взаимодействуют между собой, а мозг является центром управления передачи данных, используемых для контроля энергии в нашем организме [8, 21]. Эта сеть включает в себя мозг, центральную и периферическую нервные системы, желудочно-кишечный тракт, эндокринную систему, жировую ткань и так далее. Мозг получает сигналы со всех концов сети, обрабатывает ее, а затем принимает решение о необходимых действиях, которые нужно предпринять для поддержания стабильного веса тела. Если саморегулирующая система настолько точно могла бы поддерживать энергетический баланс, люди бы не набирали так много лишних килограммов, а наш организм нашел бы способ остановить этот процесс либо за счет более интенсивного сжигания калорий, либо за счет подавления аппетита.

Исследователи отмечают, что количество съеденного зависит не только от сигналов, посылаемых мозгом для поддержания стабильного веса. В деле замешан другой участок мозга, работающий по совсем иной схеме, и зачастую именно он управляет всем процессом [3, 22]. Речь идет о так называемой системе вознаграждения, причем в мозге большинства людей в борьбе между энергетическим балансом и вознаграждением победу одерживает именно система вознаграждения.

Аппетитность или «вкусовая» привлекательность подразумевает приятный вкус, но в первую очередь она подразумевает наличие мотивации к этому вкусу у человека, именно поэтому нам хочется есть снова и снова, поскольку в основе аппетита того или иного продукта лежит его воздействие на все органы чувств [11]. Органолептические свойства продуктов стимулируют аппетит, именно эта стимуляция или ее предвкушение, а не реальное чувство голода заставляют нас класть эти продукты себе в рот после того, как потребности нашего организма в калориях уже удовлетворены.

3.6. Манипулирование ингредиентами современных продуктов

В нашем пристрастии к сладкому нет ничего удивительного. Если новорожденному дать растворенный в воде сахар, то выражением лица он явно продемонстрирует удовольствие и чем слаще будет раствор, тем больше он ему понравится. Жир «отвечает» за характерную текстуру, запах и вкус многих продуктов, а также в значительной мере определяет аппетитность той или иной еды [10, 22]. Итак, на выбор людей одновременно влияло содержание сахара и жира, искусство удовлетворения вкусовых рецепторов во многом заключается в том, чтобы смешать эти компоненты в оптимальных пропорциях [2].

Незначительное изменение концентрации соли влияет на вкусовые качества значительно больше, чем аналогичное изменение содержания сахара, поэтому еду можно запросто пересолить [9, 21]. Точка блаженства для соли в какой-то мере определяется тем, в какой именно продукт ее добавляют, например, суп нам нравится менее соленым, чем чипсы или крекеры. То, насколько нам нравится соленое, также может зависеть от сложившихся у нас вкусовых предпочтений.

Разнообразие и доступность еды еще больше увеличивает склонность к перееданию [10]. Современная пищевая промышленность производит такие продукты, которые бьют сразу по «трем фронтам». Сахар, жир и соль делают еду аппетитной, соблазнительной, увеличивая ее пищевую и энергетическую ценность, характеризующую степень получаемого удовольствия, т.е. пищевая промышленность «манипулирует разумом и желанием потребителей».

Из-за того, что у нас есть постоянный доступ к различным комбинациям жирного, сладкого и соленого, наш установившийся вес постоянно увеличивается, однако реакция у каждого человека своя. Например, еда с высоким содержанием жира и соли оказывает различное влияние: одни к ней равнодушны, другие могут немного съесть и остановиться. У большинства же людей, чье внимание такая еда привлекает, стремление к получению удовольствия значительно превышает стремление к достижению баланса. Вид, запах, вкус и текстура — все это пленяет людей, из всех пяти чувств пока только слух остается в стороне [2]. Если еда приносит удовольствие, происходит положительное подкрепление и нам хочется есть ее снова и снова [3, 22].

Установлено, что в продуктах, содержащих жир, сахар и различные ароматизаторы, жир служит положительным подкреплением, однако в роли доминирующего фактора выступает сахар. Подобные стимулы, связанные с получением удовольствия управляют нашим поведением и вызывают соответствующее желание [2, 21]. Когда эти стимулы присутствуют, мы особенно рьяно пытаемся заполучить еду, чтобы добиться ожидаемого вознаграждения. Со временем мысленная связь между этими стимулами и самой едой становится более сильной, в результате чего происходит постепенное помешательство на еде и мы потребляем ее все больше и больше. Мы чаще стремимся к этой еде, а получаемое вместе с ней наслаждение заставляет нас повторять такое поведение снова и снова, т.е. запускается постоянный цикл «стимул — желание — вознаграждение», который быстро переходит в привычку [3]. Это классическое описание того, как работает система вознаграждения нашего организма. Приятные ощущения мимолетны, однако именно они подкрепляют подобное поведение, а их непродолжительность заставляет нас ощущать их снова и снова.

Известно, что какой-то продукт может стимулировать одновременно разные группы нейронов, при этом одна группа нейронов может приходить в возбуждение от его сладкого вкуса, другая группа – возбуждаться от его сливочной текстуры, а третья – активизироваться под действием его аромата. Желание поесть становится все сильнее и сильнее, заставляя человека принимать больше усилий для получения удовлетворения. Получается замкнутый круг: при употреблении пищи с высокой вкусовой привлекательностью активизируется система вознаграждения, а при активизации этой системы увеличивается потребление аппетитной еды [11].

Таким образом, механизм смещения внимания позволяет нам сосредоточиться на самой главной задаче и добиваться ее выполнения [2]. Именно благодаря этому механизму приносящая удовольствие еда занимает в нашем мозге такое почетное место. Чем больше удовольствия приносит еда, тем больше внимания мы ей уделим и тем более рьяно готовы ее добиваться.

Стимулы, связанные с получением вознаграждения, активизируют мозг, поскольку они побуждают нас прилагать максимум усилий для получения вознаграждения. Этот механизм прекрасно известен производителям продуктов питания, главной целью которых является создание такой еды, которая вызывает чувство предвкушения.

С учетом того, какой властью над нами обладают сахар, жир и соль, можно ожидать, что всех будет тянуть к одним и тем же блюдам и продуктам. На деле этого не происходит из-за того, что на наши пищевые предпочтения огромное влияние оказывают события прошлого. Наша жизнь придает эмоциональную окраску какой-то конкретной еде и эти эмоции надолго врезаются в память [3]. Подобные положительные ассоциации, закрепившись в сознании, способны управлять нашим поведением даже тогда, когда мы и не догадываемся об их существовании. Еда становится одним из «острых стимулов», она активирует эмоциональные центры мозга и мы начинаем думать о нашем желании, ощущать и стремиться его удовлетворить.

Таким образом, приносящая удовольствие еда перекодирует наш мозг. В результате этого процесса мы становимся более восприимчивыми к стимулам, которые у нас вызывает предвкушение такой еды и, следовательно, мы попадаем в замкнутый круг. Мы не в состоянии контролировать свою реакцию на еду с высокой вкусовой привлекательностью, потому что структура мозга людей изменяется под воздействием съедаемой ими пищи. Когда хорошо знакомые стимулы активируют устоявшиеся нервные пути, приводящие к повторению одного и того же поведения, начинается формирование привычки. Со временем потребление приносящей большое удовольствие пищи начинает вызывать автоматическую реакцию, ведущую к формированию своего рода «схемы поведения», а также особые последовательности их выполнения [11]. Если стимул, движущий нашим поведением, является положительным, формирование этих схем поведения происходит особенно быстрыми темпами.

Последовательность действий программируется у нас в мозге, а диктуемое поведение становится настолько привычным, что мы начинаем реагировать еще до того, как осознаем наличие стимула. Мотивационные контуры мозга укрепляют силу привычки. Последствия этого явления для человека, пытающегося контролировать количество потребляемой пищи, очевидны. Когда привычка усваивается, то мозг кодирует всю последовательность действий в виде одной операционной единицы, выполнение которой запускается при заданных обстоятельствах [3, 21]. Стимулы, поступающие из окружающей среды, провоцируют автоматическую и предсказуемую реакцию.

Таким образом, когда дело касается еды, мы действуем согласно некоторому коду, прописанному в нервных контурах нашего мозга.

Приносящая удовольствие еда не может беспредельно стимулировать мозг. Биологическая ценность еды заключается в ее способности мотивировать живое существо заняться поисками пищи. Люди больше не в состоянии контролировать свою реакцию на еду с высокой вкусовой привлекательностью, потому что структура их мозга изменилась под воздействием съедаемой ими пищи [9]. Когда стимул, движущий нашим поведением, является положительным, формирование этих схем поведения происходит особенно быстрыми темпами. Последовательность действий программируется у нас в мозгу, а диктуемое поведение становится настолько привычным, что мы начинаем реагировать еще до того, как осознаем наличие стимула. Чем больше удовольствия приносит еда, тем быстрее формируется автоматическая реакция. В этом и состоит главная опасность привычки. Вместе с тем привычка вовсе не обязательно должна приносить нам вред. Если мы научимся прерывать этот порочный круг, то сможем формировать привычки, побуждающие нас искать другие, более полезные источники удовольствия.

3.7. Изменение вкусовых предпочтений населения

Известно, что в последнее время вкусовые тренды очень сильно занимают технологов пищи [2, 3, 9, 10]. Поиск чего-то нового, отличного и возбуждающего лежит в основе разработок в сфере питания и напитков, чему способствует постоянный интерес к натуральным продуктам, «чистой этикетке» и полезным для здоровья вариантам.

Так что же так манит покупателей. Прежде всего, это новые вкусовые ощущения [26, 27]. Потребители готовы выйти из зоны комфорта, чтобы получить вкусовое впечатление от новых продуктов, и вкус здесь играет главную роль [8, 28]. Затем следует концепция ощущений. Бренды отдают предпочтение более удивительным и необычным смещениям вкусов, а также более острым вкусовым ощущениям. Сейчас в мире растет популярность кислого вкуса [2, 11]. Прочно утвердившиеся сочетание сладкого и соленого вкуса дополняется целым рядом решений сочетания оттенком других вкусов. Традиционные вкусы, кажущиеся скучными, воссоздаются заново, часто в более сложных и изощренных комбинациях [27, 41].

Старение населения во всем мире способствует росту спроса на варианты, более ориентированных на взрослых людей, например, традиционный вкус кофе все чаще уступает более престижным, новомодным вариантам с добавочной ценностью, таким как кофе, приготовленный холодным способом [11, 22]. Помимо кофе, другие набирающие популярность вкусы для взрослых включают различные виды алкоголя, а также копченые и жареные продукты. Кроме того, потребители все чаще интересуются различными вкусами, навеянными кухней других народов [26].

Вкусы Юго-Восточной Азии, Средиземноморья и Ближнего Востока все чаще встречаются в традиционных и знакомых закусках, напитках и готовых блюдах [2, 3, 9, 27]. Этот спрос на этнические варианты в аутентичном стиле обращает внимание не только на вкус, но также на рецепты и даже источник, происхождение продукта или ингредиента. И наконец, пятое изменение – это умами, пятый основной вкус, которому в отличие от других, трудно дать точное определение [2, 10]. Одни описывают его как пикантный, мясной вкус, он сводится к вкусу глутаматов у нас на языке.

Узнавание в России умами остается на низком уровне, но растущий спрос на экзотические вкусы и простую домашнюю еду стимулирует рост выпуска новых продуктов с претензией на вкус умами [4]. В то же время вкус хорошо известен и понятен на Востоке, но упор последнего времени на сознательный выбор пищевых продуктов и спрос на чистую и здоровую пищу стимулирует использование ингредиентов с натуральным источником вкуса умами.

Вы никогда не задумывались, почему пиво так хорошо сочетается с вяленой рыбой, например, с воблой [3, 6]. Дело в том, что соленый вкус подавляет горький, поэтому вяленая рыба смягчает пивную горечь и позволяют проявиться другим вкусам. Зная этот принцип, можно применять его самими разными способами, например, добавить чуть больше соли, если приготовленный на ужин брокколи слишком горчит. Или подать к джину и тонику соленные орешки [10].

Одним из первых шагов в этом направлении был сделан всемирно известным поваром Х. Блюменталем, когда он начал экспериментировать с солеными ингредиентами в десертах и обнаружил, что белый шоколад и рыбная икра отлично сочетаются друг с другом [11, 21]. Это сочетание было удивительным на вкус, поскольку оба продукта были богаты триметиламином, отвечающим за рыбный привкус. Таким образом, Х. Блюменталем было обнаружено множество неожиданных сочетаний, таких как печень и жасмин, морковь и фиалка, ананас и голубой сыр, улитка и свекла. В своей деятельности, технологи должны использовать сходство и контраст при создании продуктов, а поскольку их флейвор обеспечивается содержащими в них веществами, поэтому сходством и контрастом можно управлять.

Практика вкуса полна подобных наблюдений, хотя они мало кому известны. Дело в том, что вкус играет весьма незначительную роль в нашей повседневной жизни, поэтому мы редко изучает свой вкусовой опыт и не знаем, как о нем говорить и что думать. Для большинства людей вкус является довольно расплывчатым, неопределенным понятием, хотя очень часто мы говорим «Ужин был вкусный», но при этом никогда не пытаемся глубже проанализировать эти поверхностные реакции [3, 22].

Мы наслаждаемся утренним кофе или изысканным ужином, ничего не зная о сложном взаимодействии между вкусовыми ощущениями наших рецепторов, запахом, осязанием, зрением и даже нашими ожиданиями, которое и создает то, что называется вкусом. Без этого знания мы не можем описать наши ощущения и зачастую просто не замечаем мельчайших деталей того, что едим или пьем. В результате весь богатый мир вкуса сводится к некоему «фоновому» ощущению, наподобие музыки, которая обычно звучит в торговых центрах.

Разумеется, иногда это хорошо, поскольку порой все, что нам нужно – это возможность быстро перекусить, не слишком фокусируясь на деталях. Откуда у нас взялась эта привычка. Был период, от начала до середины XX века, когда всеобщая индустриализация решила перевести ведение домашнего хозяйства, включая приготовление пищи, на промышленный поток, задавшись целью обеспечить людей необходимыми калориями и питательными веществами с минимальными затратами времени и сил. Это породило такие ужасы, как «белый соус с Crisco» – безвкусную пасту, получаемую путем смешивания кулинарного жира Crisco с мукой и молоком [7, 11]. С распространением рефрижераторных перевозок производители принялись изготавливать сорта, которые хорошо выдерживают транспортировку и при этом красиво выглядят на полках, но перестали быть вкусными. Поскольку

во многих семьях в то время, да и теперь, когда вынуждены работать отец и мать, вкус еды все чаще приносили в жертву скорости и простоте.

Наше представление о вкусе формируется практически с нуля, в процессе познания мира. Некоторые параметры этой системы заложены в нас с рождения, поскольку даже новорожденные испытывают тягу к сладкому или соленому вкусу. Ребенок в утробе матери пробует на вкус все, что она ест, а затем получает такое же вкусовое обучение через грудное молоко. Впоследствии он распознает эти флейворы как уже знакомые.

Мы также единственный биологический вид, который сознательно меняют вкус пищи путем добавления в нее различных приправ – растений с ярко выраженным ароматом и вкусом, которые мы называем специями [3, 21]. Вполне вероятно, что наше пристрастие к пряностям также имеет эволюционные корни. Никогда еще вкусу не отводилось такого важного места в нашей культуре, как сегодня, и можно предположить, что в будущем эта тенденция только усилится. Вкусовые предпочтения людей со временем меняются. Если бы вы попробовали еду из средневековой Англии, вас бы удивил ее слишком сладкий вкус и обилие корицы и гвоздики. Возможно, через несколько поколений сегодняшняя еда покажется нашим потомкам весьма странной.

Сделаем предположение, что вместе с расширением рациона питания обогатится и изменится репертуар вкусов. В настоящее время уже начинается ажиотаж вокруг насекомых как вкусного, недорогого и устойчивого источника белка, и по мере роста мирового населения увидим в нашем меню все больше насекомых. Сегодня эта перспектива может показаться не очень аппетитной, но вспомните, с каким подозрением люди относились к помидорам, когда те были впервые завезены в Европу и как мы относимся к ним сейчас [11, 22]. Насекомых на протяжении многих лет с удовольствием едят в таких странах, как Мексика, Китай, Вьетнам и Таиланд. Если скомбинировать их со знакомыми для западных людей приправами и продуктами, это позволит преодолеть врожденную неофобию, и насекомые вполне могут войти и в рацион питания жителей многих стран.

Можно предположить, что из-за старения нашего населения технологи увеличат использование всевозможных приправ в попытке компенсировать возрастное снижение сенсорной чувствительности. Один из способов стимулировать вкусовое восприятие – нужно просто использовать больше соли и глутамата натрия, а также острых перцев. Но корректировка может быть и более точной. Например, если будет установлено, что с возрастом люди становятся более чувствительными к серосодержащим тиолам и менее чувствительны к фруктовым сложным эфирам, то для пожилых людей можно будет изготавливать особые смеси приправ, содержащих больше сложных эфиров и меньше тиолов.

Кроме того, потеря обоняния может быть ранним признаком более серьезных медицинских проблем, таких как болезни Альцгеймера или Паркинсона, что неудивительно – обонятельная система является частью головного мозга, поэтому многие его заболевания отражаются и на обонянии [10, 22]. Странно, но некоторые онкологи сообщают о том, что одним из первых признаков развивающегося рака является изменение восприятия вкуса пищи, даже когда опухоль развивается в груди или в каком другом органе, не связанном с головным мозгом.

Еда – это не просто источник ежедневного удовольствия, она оказывает самое непосредственное влияние на здоровье человека [8, 21]. Это особенно актуально в наши дни, когда неправильное питание и избыток калорий по-

родили настоящую эпидемию ожирения, которая реально угрожает сократить продолжительность жизни и значительно ограничивает физическую активность десяткам миллионов людей. Все больше в мире людей, особенно в США, страдает избыточным весом, отличительной их особенностью является пристрастие к сладким напиткам и высококалорийной пище с высоким содержанием жиров и углеводов. Например, у людей с избыточным весом происходит перестройка метаболизма, в результате чего энергия, получаемая ими из еды, сохраняется в виде жира и становится менее доступной для удовлетворения повседневных энергетических потребностей. Фактически вы теряете энергию внутри организма и вам не хватает энергии для жизни, поэтому вы все больше и больше едите. Получается парадоксальная ситуация, вы переедаете именно потому, что толстеете.

Если мы хотим справиться с ожирением на индивидуальном уровне и на уровне всего общества, то необходимо понять, почему мы едим то, что едим [3]. Кроме того, следует знать, как вкус руководит нашим выбором продуктов и как его можно использовать для того, чтобы эффективно изменить наши пищевые пристрастия. Необходимо понять, как вкус помогает нам определить, когда мы насытились, и как сигнализирует о переедании. Следует признать, что это очень сложные вопросы, на которые ученые пока не дали точных ответов.

Сейчас появилась еще одна фишка - люди хотят потреблять натуральные продукты, но с этим возникает множество проблем. Вся наша еда состоит из химических веществ. Если составить список всех химических соединений, содержащихся в настоящем яблоке, то оно содержит около 2500 химических веществ, тогда как леденцы содержат всего 26. Поэтому, если вы хотите меньше потреблять химии, то возможно вам стоит перейти на леденцы.

Или другой пример, лимонный ароматизатор: чтобы он назывался натуральным, химические соединения в его составе должны быть извлечены из настоящих лимонов [11]. Потребители могут подумать, что таким образом они получают все богатство флейвора, содержащегося в настоящих лимонах. Но на самом деле «натуральный лимонный ароматизатор» может включать всего одно химическое вещество – цитраль из лимонной цедры химически идентичен цитралю, произведенному искусственно в лаборатории. При этом искусственная версия зачастую бывает более чистой, чем натуральная, которая может содержать следы других соединений. Но потребители хотят только натурального. Это похоже на технологию, когда из мухи делают слона, а из слона все остальное.

Самые большие финансовые средства вращаются в пищевой промышленности вокруг сладкого вкуса [2]. Искусственные подсластители уверенно держат первое место в исследованиях вкуса. За ними следуют заменители соли, высокое потребление которого является одной из причин того, что 65 миллионов жителей США страдают повышенным артериальным давлением [10, 22]. По этой причине на производителей продуктов оказывается давление с требованием найти способы уменьшить содержание соли в производимых ими продуктах. Проблема в том, что соль привносит в еду нечто гораздо большее, чем просто соленый вкус. При грамотном использовании соль способна подчеркнуть все остальные вкусы – сделать мясо более мясным, фасоль более фасолевой, а картофель более картофельным. Во многом это объясняется тем, что ионы натрия способствуют извлечению из ингредиентов пищи в основном компонентов, усиливающих запах и переводу их в растворенный вид, в котором мы можем их воспринимать. Без

соли наша еда лишается не только вкуса, но и аромата. Вот почему опытные кулинары часто по запаху могут определить, что в блюде не хватает соли.

Обычно мы не осознаем того, что наше желание съесть ту или иную пищу определяется ее питательной ценностью, поскольку в нашей повседневной жизни флейвор пищи и ее калорийность неразрывно связаны между собой [3]. Флейвор запеченного картофеля всегда сопровождается большой дозой углеводов, а флейвор лосося – хорошей порцией белков и жиров. Практически невозможно отделить восприятие флейвора пищи от ассоциирующийся с ним калорийностью.

Безусловно, что флейвор влияет на ассортимент пищи и на то, сколько мы едим [10, 21]. Механизм взаимодействия «флейвор - питательная ценность» наделяет нас тягой к высококалорийным продуктам, которые так доступны в наши дни. Хотя флейвор и является одним из факторов переедания, манипулирование им не решает проблемы. Делая еду более или менее вкусной, невозможно кардинально повлиять на пищевое поведение в долгосрочной перспективе. Каким бы соблазнительным не был запах рисового пирога без жира, человеческий организм мгновенно определит, что здесь нечем поживиться, и нам быстро разонравится его вкус и запах. Когда у нас есть выбор между полноценным сыром и его обезжиренной версией, система вознаграждения в нашем мозге обязательно потребует выбрать полноценный сыр. Любой производитель продуктов питания, который пытается продавать продукты с пониженным содержанием жира, вынужден будет дополнительно бороться с этой врожденной эмоциональной тягой, вызывая к разуму и осмотрительности, которым трудно конкурировать с этим, почти неконтролируемым желанием.

Таким образом, изучение вкуса пищевых продуктов включает в себя целый букет очень познавательных исследований с высокой научно-инновационной долей. Дальнейшее развитие органолептического анализа как научной дисциплины очень сильно обогатят профили «Технология продуктов из водных биологических ресурсов» и «Пищевая биотехнология гидробионтов» и позволят учитывать различные вкусовые нюансы при изготовлении рыбных продуктов в промышленных условиях.

Сегодня ассортимент пищевых продуктов ставит перед нами очередные вызовы, поскольку в нем значительная доля отводится сладким, жирным и соленым продуктам [2, 3]. Кроме того, наш вкус формирует агрессивная реклама, против которой не всегда могут устоять даже взрослые люди, не говоря уже о детях. Рекламируемые продукты, как правило, вкусные, но имеющие отдаленные негативные последствия на организм при чрезмерном их потреблении. Нам необходимо всерьез взяться за эту проблему и воспитать у подрастающего поколения культуру питания, чтобы они получили возможность вести полноценную жизнь и избежать различных патологий. Решением этой глобальной задачи должны заниматься специалисты, которых в РФ в настоящее время никто не готовит [5]. Очевидно, что мы опять упускаем очередную технологическую революцию, продолжая вкладывать все бюджетные средства и воспроизводить традиционных «бакалавров и магистров пустоты» [4].

Собственно, речь идет о пищевой безопасности продуктов и их негативного влияния на население нашей страны, а это уже государственное дело. Очень надеемся, что государство не оставит без внимания наше значительное отставание в этой области и приложит определенные усилия, чтобы ликвидировать образовавшийся пробел.

Глава 4. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕНСОРНОГО АНАЛИЗА

4.1. Основные принципы сенсорного анализа

Существующие многочисленные методы определения срока годности стабильных в микробиологическом отношении пищевых продуктов, для которых основным фактором, ограничивающим их срок годности, является изменение органолептических свойств, что обуславливают некоторые трудности для пищевых предприятий [27, 28]. Единственным органолептическим критерием является оценка срока годности продукта, которая по определению института пищевых исследований и технологий Великобритании, определяется как «выраженное сохранение требуемых органолептических свойств» [21]. Такой критерий требует точного определения и измерения этих «требуемых» органолептических показателей, причем значение понятия «требуемый» никак не уточняется.

На практике изменение качества зачастую начинаются сразу же после окончания процесса производства и характерно для большинства пищевых продуктов [62, 66]. Поэтому можно говорить лишь о степени сохранения требуемых свойств. Кроме того, некоторые пищевые продукты, подвергаемые ферментированию, в частности, сыры и вино в процессе хранения претерпевают изменения, необходимые для формирования требуемых свойств [22, 32].

Действующий в Великобритании стандарт, посвященный органолептическим свойствам пищевых продуктов в течение срока годности, определяет срок годности как «время, в течение которого органолептические свойства и качество продуктов соответствуют показателям, определенным производителем» [21]. Это определение мало что добавляет к предыдущему, процитированному абзацу из стандарта института пищевых исследований и технологий, но в нем используется более практичная терминология, так как срок годности здесь - это «время, в течение которого продукт может храниться до достижения некоторой конечной точки», то есть «точки, в которой продукт более не отвечает заданным критериям по результатам испытаний» [22]. В нем описаны три вида «конечных точек хранения» по органолептическим показателям:

- 1) момент изменения общего органолептического профиля продукта;
- 2) момент изменения тех свойств продукта, которые наиболее важны для восприятия продукта потребителями;
- 3) момент, когда качество продукта становится практически неприемлемым.

Эти положения представляют собой базовые принципы, на которых основано планирование и проведение испытаний органолептических свойств продуктов [24].

При потреблении продукта мы воспринимаем весь комплекс его свойств - внешний вид, вкус, аромат и текстуру. Индивидуальные психологические особенности потребителей заставляют их по-разному реагировать на внешние признаки, и это необходимо учитывать при анализе восприятия продукта той или иной группой потребителей [18, 24]. Кроме того, разнообразие реакций потребителей на тот или иной продукт увеличивают также различия этнического и культурного характера, а также личный опыт потребителей, и поэтому применение того или иного метода органолептической оценки связано с необходимостью обработки полученных данных и умением правильно интерпретировать эти данные для целевой группы потребителей [27, 41].

Изменения органолептических свойств происходят в течение всего периода хранения продуктов. К наиболее распространенным изменениям внешнего вида можно отнести потемнение говядины, помутнение фруктовых соков, синерезис кисломолочных продуктов и расслоение пищевых эмульсий [24, 26, 28, 66]. Потеря аромата становится серьезной проблемой для таких продуктов, как хлебобулочные изделия и кофе, поскольку развитие посторонних запахов является важным признаком ухудшения их качества. Изменение аромата зачастую сопровождается изменением вкуса, однако вкус - это комплексная характеристика, которая воспринимается неоднозначно, и зачастую изменения вкуса никак не связаны с изменениями аромата [27, 69]. Изменения консистенции могут сыграть как положительную роль, например, дозревание и размягчение мякоти плодов, так и отрицательную, в частности, черствение хлеба или потеря зерновыми завтраками хрустящих свойств [62, 66].

Зачастую возникает искушение толковать результаты измерений органолептических свойств с точки зрения воспринимаемого качества, однако это далеко не просто [21]. Как правило, мы избегаем крайностей, предпочитая некоторые промежуточные органолептические свойства, что обуславливает взаимосвязь между положительным восприятием и степенью интенсивности данного свойства, которая может быть описана, как простая линейная связь, что среди типовых групп потребителей наблюдается крайне редко.

Оценку влияния органолептических свойств продуктов на срок их годности можно проводить двумя способами: либо с помощью измерительных методов, либо с помощью оценки восприятия свойств потребителями [21]. Рассмотрим практические методы оценки органолептических свойств пищевых продуктов и способы интерпретации полученных данных с точки зрения взаимосвязи между изменениями этих свойств и сроком годности пищевых продуктов [27].

4.2. Восприятие внешних импульсов с помощью органов чувств

Первоначальное ощущение о качестве продукта формируют органы зрения, причем это происходит зачастую раньше, чем поступают импульсы от других органов чувств [8]. Если внешний вид продукта создает негативное впечатление, то он отвергается еще до получения других внешних импульсов. Чаще всего визуальное восприятие ассоциируют лишь с цветом объекта, однако на выбор покупателя влияют и другие внешние характеристики продукта, в том числе размер, форма, блеск и прозрачность [10]. Кроме того, визуальные ощущения формируют первоначальные и довольно сильные ожидания относительно вкуса, аромата и текстуры пищевых продуктов [6].

Вкус или вкусовое ощущение в строгом смысле - это реакция рецепторов языка на растворимые нелетучие вещества. В классическом разделении вкусов выделяют четыре основных вкусовых ощущения - соленый, сладкий, кислый и горький, которые в настоящее время дополняют пятым вкусом, называемым умами, что означает специфический мясной вкус, обычно усиливаемый глутаматом натрия [2].

В некоторых странах принято различать также металлический и вяжущий вкусы. Вкусовые рецепторы - это группы клеток, так называемых вкусовых лукович, расположенных внутри специализированных образований в виде сосочков, которые сосредоточены в основном на кончике языка, на его боковых поверхностях и на верхней задней поверхности языка [7]. Сладость мы воспринимаем преимущественно кончиком языка, соленый и кислый вкусы - боковыми поверхностями, а горький вкус - задней частью языка [2].

Для других поверхностей полости рта характерна незначительная вкусовая чувствительность. Диапазон значений между самым слабым и самым сильным вкусовым импульсом относительно невелик, причем наиболее сильно на них влияют температура и значение pH [6].

Восприятие запахов - процесс намного более сложный. Запах обнаруживается по летучим веществам, воспринимаемым слизистой полости носа непосредственно при дыхании через рот и носоглотку. Эти пахучие вещества воспринимаются обонятельным эпителием, расположенным на своде полости носа [7]. Для рецепторов запаха характерно явление насыщения, причиной которого является широко распространенная специфическая anosmia, то есть неспособность различать какой-либо определенный запах [8]. Считается, что способность человека к различению вкусовых оттенков зависит от его восприимчивости к запахам. Вкусовые и обонятельные раздражители хорошо обнаруживаются лишь при их высвобождении из пищевой матрикса в процессе пережевывания [27].

Химическое воздействие вкуса и запаха проявляется в болевых ощущениях, возникающих при стимуляции тройничного нерва. Такими химическими раздражителями являются, например, имбирь и содержащийся в перце чили капсаицин, которые вызывают чувство жжения, а ментол и сорбит вызывают ощущение «холода» во рту [28]. За исключением капсаицина подобные раздражители характеризуются высоким порогом их ощущения.

Полное ощущение вкуса человеком обусловлено комплексным воздействием от восприятия импульсов вкуса, запаха и их химического воздействия [6]. Собственный вкус продукта и вкус, который чувствует человек, - это совершенно разные вещи, которые часто путают между собой.

Консистенция определяется с помощью тактильных ощущений (буквально «на ощупь»), которые можно разделить на две группы: соматосенсорное ощущение или тактильная реакция кожи и кинестетическое ощущение или проприоцепция, то есть более глубокая реакция мышц и суставов [10].

Относительно консистенции или текстуры пищевых продуктов у потребителей существуют определенные ожидания [66]. Тактильные раздражители начинают действовать при манипуляциях с едой, когда к ней прикасаются руки и пальцы человека. Это происходит непосредственно или через кухонную утварь - нож, ложку или вилку. Информацию о текстуре пищевых продуктов передают в мозг также органы полости рта - губы, язык, небо и зубы [10].

Все вышесказанное справедливо для отдельных видов импульсов, но не учитывает их взаимодействий. Доказано, например, что цвет продукта, являющийся показателем внешнего вида, влияет также на восприятие вкуса продукта [6]. С увеличением интенсивности цвета повышается и ощущаемая интенсивность вкуса и аромата.

На восприятие вкуса существенно влияют и текстурные характеристики пищевых продуктов, а также звуковое восприятие от хрустящих продуктов, имеющее большое значение для восприятия их текстуры [11]. Взаимосвязь текстуры продукта и его ощущаемыми вкусом и ароматом становится очевидной, если рассматривать сам процесс потребления продукта. Известно, что ожидания относительно вкуса, аромата и текстуры формируются еще до попадания продукта в полость рта [10]. В момент надкусывания и пережевывания продукта в полости рта между языком и небом текстура продукта существенно изменяется, происходит также высвобождение вкусоароматических веществ. Эти процессы оказывают влияние на восприятие вкуса и аромата продукта. Следует отметить, что если изменения структуры продукта происходят при хранении, то это также приводит к существенным изменениям его вкуса и текстуры [6].

4.3. Сложности органолептической оценки

Сложная природа восприятия органолептических свойств пищевых продуктов обуславливает множество трудностей для специалистов, основная из этих трудностей - использование людей в качестве инструмента [24]. Основными факторами, которые следует учитывать при оценке подобной деятельности, являются аккуратность, точность и достоверность [28]. Измерения в органолептическом анализе - это прямые измерения человеческой реакции на внешние импульсы, которые по своей природе более достоверны, чем данные любых инструментальных методов [6]. Последние, тем не менее, ценны тем, что служат дополнением органолептического анализа продуктов и их изменений, происходящих при хранении [22, 24]. При измерении человеческой реакции на внешние импульсы невозможно рассчитывать на высокую точность, однако разброс данных можно ограничить путем правильного отбора респондентов и их хорошей профессиональной подготовки [6].

Например, повышение точности измерений связано с получением правильных ответов без систематических ошибок или смещений оценки. Этого можно добиться путем определения физиологических и психологических причин систематических смещений оценки, влияющих на человека [27]. Воздействие физиологических причин можно снизить благодаря тщательной процедуре отбора респондентов. Психологические различия между людьми порождают систематические смещения, которые довольно сложно распознать [41, 69]. Причинами различий могут быть нежелательные взаимодействия между участниками дегустации или другие, менее очевидные факты. Этого можно избежать путем правильной организации процедуры органолептической оценки, тщательного планирования и собственно проведения дегустации [2].

Разработка и внедрение высококачественной системы органолептического анализа требует формулировки взаимосвязанных требований и принципов [21]. Подробнее о визуальной фиксации изменений цвета. Вместе с тем, точная передача изменений цвета требует стандартных условий освещенности и одной и той же техники, так что в идеале съемка должна производиться профессиональным фотографом. Точность визуальных эталонов, применение которых играет огромную роль при оценке качества продукта при хранении, зависит от правильной фиксации внешнего вида продукта [6]. Существуют разные инструменты для точного измерения цветовых характеристик, в том числе цветовые атласы, но их использование для многих категорий продуктов весьма проблематично [26].

Сложность вкусового восприятия представляет огромные трудности для тех, кому требуется быстро оценить вкус и аромат продукта [27]. Анализ многих летучих соединений, участвующих в формировании вкуса продукта, технически возможен, однако при использовании метода газовой хроматографии с масс-спектрометрией существует риск «невывявления» остаточных количеств летучих веществ с низким порогом обнаружения [26]. В принципе анализ нелетучих вкусоароматических веществ не представляет большой проблемы, однако вкусовое восприятие зачастую определяется большим количеством компонентов, из-за чего общий анализ вкуса играет ограниченную роль при оценке изменений интенсивности вкуса при хранении [21].

Если известен механизм порчи продукта, то весьма эффективен анализ на выявление маркеров порчи, то есть химических соединений, образующихся при развитии прогорклого вкуса [22].

Следует отметить, что вопреки ожиданиям, такие инструментальные средства, как «электронный нос» и «электронный язык» (анализаторы вкуса и запаха), пока что не получили практического применения при производстве пищевых продуктов и напитков [24, 28].

Изменение физических свойств продуктов, воспринимаемые как изменения их текстуры, можно измерить различными методами. Например, свойства текучих продуктов измеряют реологическими методами, а твердых - механическими, с помощью которых оценивают зависимость «прилагаемая сила-деформация продукта» [3, 10, 27]. Многие методы позволяют измерять изменения текстуры продуктов, однако не всегда эти исследуемые изменения воспринимаются потребителем как изменения текстуры. При установлении корреляционной взаимосвязи результаты подобных измерений окажутся ценным дополнением к органолептической оценке текстуры продукта.

Общие изменения внешнего вида продукта в процессе хранения легко фиксировать с помощью обычных фотографий и цифровой фотосъемки [28]. В этих документах приведены общие рекомендации по проведению базовых органолептических исследований, однако практические рекомендации по их конкретному применению, например, для оценки изменений свойств продукта при хранении, отсутствуют.

Действующий стандарт Великобритании уникален в том смысле, что помимо описания соответствующих органолептических методов в нем приведены рекомендации о критериях принятия возможных решений относительно срока годности. Принцип «конечной точки» побуждает специалиста по сенсорному анализу обращать внимание как на потенциальные изменения органолептических свойств продукта при хранении, так и на значение этих свойств для восприятия качества продукта потребителем. Именно такой подход позволяет избежать одной из наиболее распространенных проблем органолептического анализа, которая заключается в отсутствии четкого представления о критериях, определяющих конечный срок годности продукта, которые необходимо выявить и измерить. Отсутствие таких критериев и соответствующих способов их оценки зачастую приводит к тому, что большие массивы данных, полученных органолептическими и инструментальными методами, из-за своей избыточности становятся непреодолимым препятствием для применения многофакторного статистического анализа. Концепция же «конечной точки» эти препятствия устраняет [2, 6]. В данном стандарте также имеются рекомендации по применению схем оценки свойств, которые сформулированы несколько иначе - «с несколькими фиксированными точками» и «с одной фиксированной точкой».

4.4. Инструментальные методы оценки сенсорных свойств

Органолептическая оценка изменений качества пищевых продуктов при хранении является единственным достоверным отражением воспринимаемого качества, однако ее проведение обходится недешево и занимает много времени [6]. Кроме того, подобные испытания приходится проводить в течение длительного времени, что требует регулярной корректировки работы группы дегустаторов, особенно при изменениях ее состава [2].

Полезным дополнением сенсорной оценки могут стать инструментальные методы, хотя их результаты по надежности очень редко могут заменить данные органолептического анализа [8, 10]. Их преимущество очевид-

но для оценки изменений качества продуктов, подвергаемых длительному хранению, для которых органолептические испытания затруднительны.

В последние годы развитие методов оценки изменения органолептических свойств продуктов при хранении продвигалось в направлении интенсивного использования спецификаций органолептических свойств и данных о приемлемости продукта для потребителей.

Значительные усилия в этой области по-прежнему направлены на разработку более простых и дешевых методов исследования, а также на разработку экспресс-методов тестирования [10]. В перспективе возможна разработка прогностической модели, что требует значительных средств, а следствием неоправданной экономии на ресурсах может оказаться получение нестабильных и ненадежных моделей. Кроме того, существуют некоторые сомнения относительно целесообразности прогностических моделей с использованием органолептических данных [8]. Изучаются и другие возможные моделирования, например, с помощью алгоритмов искусственных нейронных сетей [27].

4.5. Оценка срока годности продуктов

В последнее десятилетие широкое распространение получили спецификации органолептических свойств, для получения которых используют разные методы [2]. Вместе с тем до сих пор еще не было попыток разработать единую, стандартизованную процедуру - в основном из-за требований, предъявляемых розничной торговлей. Правильно разработанные спецификации обеспечивают основу не только для функционирования систем контроля качества, но и для создания последовательных систем оценки органолептических свойств продуктов с длительным сроком годности [21].

Поскольку требования потребителей к качеству пищевых продуктов составляют основу для большинства методов тестирования срока годности продуктов с точки зрения их органолептических свойств, совершенно не удивительно, что при организации исследований срока годности продуктов большое значение придается использованию информации от потребителей [2]. Особый прогресс достигнут благодаря применению статистических методов анализа [21, 27]. Потребителям представляют образцы, хранившиеся в течение разного времени, и задают им вопрос, стали бы они «при обычных обстоятельствах потреблять данный продукт? Да или нет?». Результирующий срок годности определяется как вероятность того, что продукт останется приемлемым для потребителей. Данный метод применим к большинству продуктов с длительным сроком годности, а для хлебобулочных изделий он позволяет получать наилучшие относительно других методов результаты [10].

Таким образом, за последние несколько лет зарубежные ученые значительно продвинулись в понимании того, что связано с нашим питанием, начиная с самой пищи и ее восприятием и заканчивая пищевым поведением. Не будет преувеличением сказать, что в наши дни наука о вкусе является одной из самых быстроразвивающихся и интересных дисциплин. По мере углубления знаний, приходит понимание того, что каждый человек живет в своем собственном уникальном мире вкуса, который формируется его генетическим наследием, воспитанием и последующим пищевым опытом, а также культурной средой, в котором он живет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время фактор питания в значительной степени определяет дальнейшее существование человека на Земле. Сейчас люди производят достаточно пищевых продуктов как естественного происхождения, так и не встречающихся в природе. Все они возбуждают аппетит, а их потребление в больших количествах вредно, поскольку приводит к нарушению обмена веществ и ухудшению здоровья. Чувство сытости более не является надежным защитником от переедания.

Большинство экспертов считает, что львиная доля вкуса пищи определяется ее запахом, поскольку он несет гораздо больше информации, чем просто ощущение сладости, кислотности, горечи и умами [3]. Многие утверждают, что запах обеспечивает до 70 % вкуса пищи, причем потеря вкуса – это гораздо хуже, чем потеря обоняния. Когда люди перестают воспринимать вкус, они фактически не едят и доводят себя до полного истощения, потому что вкус важнее запаха. Когда вы не чувствуете базовых вкусов, еда просто перестает быть похожей на еду, она превращается в безвкусный пластилин и поэтому трудно заставить себя употреблять его по три раза в день.

Таким образом, за последние несколько лет ученые значительно продвинулись в понимании того, что связано с нашим питанием, начиная с самой пищи и ее восприятием и заканчивая пищевым поведением. Не будет преувеличением сказать, что в наши дни наука о вкусе является одной из самых быстроразвивающихся и интересных дисциплин. По мере углубления знаний, приходит понимание того, что каждый человек живет в своем собственном уникальном мире вкуса, который формируется его генетическим наследием, воспитанием и последующим пищевым опытом, а также культурной средой, в котором он живет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аромат больше, чем вкус / Перевод с английского Т. Яковлевой. – СПб.: Страта, 2019. – 96 с.
2. Дерндорфен Е. Сенсорика. Как люди воспринимают продукты питания / Пер.с немецкого. – Харьков: Гуманитарный центр, 2019. – 256 с.
3. Кесслер Д.А. Еще кусочек. Как взять под контроль зверский аппетит и перестать постоянно думать о том, что пожевать / Пер. с английск. И. Чорного. - М.: Эксмо, 2018. – 368 с.
4. Ким И.Н. Вкус пищевых продуктов, как точка роста подготовки кадров по профилям «Технология продуктов из водных биологических ресурсов» и «Пищевая биотехнология гидробионтов» // Рыбное хозяйство, 2018. - № 5. - С. 102-108.
5. Ким И.Н., Фенина Т.В. Почему вузы Госкомрыболовства не готовят специалистов по сенсорике? // Рыбное хозяйство, 2019. - № 4. - С. 7-11.
6. Ким Г.Н., Ким И.Н., Сафронова Т.М., Мегеда Е.В. Сенсорный анализ продуктов из рыбы и беспозвоночных. - СПб.: Лань, 2014. - 512 с.
7. Майоров В.А. Запахи: их восприятие, воздействие, устранение. - М.: Мир, 2006. - 366 с.
8. Майоров В.А. Вкусовые ощущения. - М.: Научный мир, 2011. - 374 с.
9. Носрэт С. Соль, жир, кислота, жар. Главные элементы хорошей кухни / Перевод с английского Л. Третьяк. – Минск: Попурри, 2018. – 446 с.
10. Спесс Ч. Гастрофизика: новая наука о питании. – М.: КоЛибри, 2019. – 352 с.

11. Холмс Б. Вкус: наука о самом малоизученном человеческом чувстве. – М.: Альпина Паблишер, 2018. – 348 с.
12. Bajec M.R., Pickering G.J.: Thermal taste, PROP responsiveness, and perception of oral sensations. IN: Physiology & Behaviour 95, 2008, 581-590.
13. Bajec M.R., Pickering G.J., DeCourville N.: Influence of stimulus temperature on orosensory perception and variation with taste phenotype. IN: Chemosensory Perception 2012, D01: 10.1007/512078-012-9129-5.
14. Bigiani A., Ghiaroni V., Fieni F. Channels as taste receptors in vertebrates // Progress in biophysics and molecular biology. - 2003. -V.83. - № 3. - P.193-225.
15. Brand J.G.: Within reach of an end to unnecessary bitterness? IN: The Lancet 356, 2000, 1371-1372.
16. Capitanio A., Lucci G., Tommasi L.: Mixing taste illusions: The effect of miraculin on binary and trinary mixtures. IN: Journal of Sensory Studies 26, 2011, 54-61.
17. Chen D., Dalton P. The effect of emotion and personality on olfactory perception. IN: Chemical Senses 30, 2005, 345-351.
18. Dalton P.: Psychophysical and Behavioural Characteristics of Olfactory Adaptation. IN: Chemical Senses 25, 2000, 487-492.
19. Diamond J., Dalton P., Doolittle N., Breslin P.A.S.: Gender-specific olfactory sensitization: Hormonal and cognitive influences. IN: Chemical Senses 30 (suppl), 2005, 1224, 225.
20. *Delwiche J.* Are there "basic" tastes? // Trends in Food Science & Technology. 1996. № 7. P. 411-415; *Erikson R. P.* A study of the science of taste: On the origins and influence of the core ideas', Behavioral and Brain Sciences. 2008. № 31. P. 59-105.
21. DIN 10950 Sensorische Prüfung - Allgemeine Grundlagen 2012.
22. Drake M.A., Drake S., Body-felt F., Clark S., Costello M.: History of Sensory Analysis. IN: Clark 5.
23. Dunkel A., Hofmann T. Das Mundgefühl natürlicher Lebensmittel. IN: Journal Culinaire 7, 2008, 10-19.
24. Dunkel A., Steinhaus M., Kothhoff M., Nowak B., Krautwurst D., Schieberle P., Hofmann T.: Genuine Geruchssignaturen der Natur - Perspektiven aus der Lebensmittelchemie für die Biotechnologie. IN: Angew. Chem. 126, 2014, 7250-7271.
25. Durrschmid K.: Gustatorische Wahrnehmungen gezielt abwandeln. Behr's Verlag, 2009.
26. Flavor of Meat, Meat Products and Seafood, 2nd edition / Edited by F. Shahidi. - London: Blackie Academic and Professional, 1998. - 429 p.
27. Flavour in food / Edited by A. Voilley and P. Etievant. - CSR Press, 2006. - 451 p.
28. Food Flavour Technology, 2nd edition / Edited by A. J. Taylor and R. S. T. Lin-forth. - Oxford : Wiley-Blackwell, 2010. - 360 p.
29. Green B.G., George P.: 'Thermal taste' predicts higher responsiveness to Chemical taste and flavor. IN: Chemical Senses 29, 2004, 617-628.
30. Hatt H.: Geschmack und Geruch. IN: Schmidt R.F. und Thews G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. Springer Verlag, 27. Auflage 1997.
31. Hayes J.E., Bartosuk L.M., Kidd J.R., Duffly V.B.: Supertasting and PROP Bitterness depends on more than the TAS2R38 gene. IN: Chemical Senses 33, 2008, 255-265.
32. Heath T.P., Melichar J.K., Nutt D.J., Donaldson L.F.: Human taste thresholds are modulated by serotonin and noradrenaline. IN: The Journal of Neuroscience 26, 2006, 12664-12671.

33. Hille B. Ionic channels of excitable membranes. Sunderland, MA: Sinauer. -1992. - 607 p.
34. Jaeger S.R., Beresford M.K., Paisley A.G., Antiñez L., Vidal L., Cadena R.S., Gimenez A., Ares G.: Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. IN: Food Quality and Preference 42, 2015, 154-164.
35. Jones L.V., Peryam D.R., Thurstone L.L.: Development of a scale for measuring soldier's food preferences. IN: Food Research 16, 2001, 117-159.
36. K., Matano M., Kondo A., Yamamoto Y., Udaka S.: Riboflavin-Binding protein exhibits selective sweet suppression toward protein sweeteners. IN: Chemical Senses 32, 2007, 183-190.
37. Kahle W. fortgeführt von Frotscher M.: Taschenatlas der Anatomie in 3 Banden. Band 3: Nerven-system und Sinnesorgane. Georg Thieme Verlag, 7. Auflage 2001.
38. Keast R.S.J.: Modification of the bitterness of caffeine. IN: Food Quality and Preference 19, 2008, 465-472.
39. Keast R.S.J., Breslin P.A.S.: An overview of binary taste-taste interactions. IN: Food Quality and Preference 14, 2002, 111-124.
40. Knecht M., Hüttenbrink K.-B., Hummel T. Störungen des Riechens und Schmeckens. IN: Schweizer Medizinische Wochenschrift 129, 1999, 1039-1046.
41. Kotthoff M.: Geruch und Ernährung. Teil 1: Die Grundlagen des Riechens. IN: Ernährungs-umschau 5, 2015, 82-91.
42. Labbe D., Rytz A., Morgenegg C., All S., Martin N.: Subthreshold olfactory Stimulation can enhance sweetness. IN: Chemical Senses 32, 2007, 205-214.
43. Lawless H.T.: Sensory Modalities of Metallic Taste. 6th Pangborn Symposium, Harrogate 2005, Oral presentation 04.
44. Le Couteur J.: The metabolic Sense. IN: Food Technology 57 (8), 2003, 34-37. 159. Lee H.-S., Carstens E., O'Mahony M.: Drinking hot coffee: why doesn't it burn the mouth. IN: Journal of Sensory Studies 18, 2003, 19-32.
45. Lehrner J.P., Gluck J., Laska M.: Odor Identification, consistency of label use, olfactory threshold and their relationships to odor memory over the human lifespan. Chemical Senses 1999; 24, 337-346.
46. Lindemann B. Taste reception // Physiological reviews. - 1996. - V. 76. - №3. - P. 719-766.
47. Lippert H.: Anatomie. 5. Auflage, Urban & Schwarzen-berg 1989.
48. Liu J., Song H., Liu Y., Li P., Yao J., Xiong J.: Discovery of kokumi peptides from yeast extract by LC-Q-TOF-MS/MS and sensomics approach. IN: Journal of the Science of Food and Agriculture 95» 2015, 3183-3194.
49. Lyall V., Alam R.I., Plan D.Q., Ereso G.L., Plan T.-H.T., Malik S.A., Montrose M.H., Chu S., Heck G.L., Feldman G.M., DeSimone J.A. Decrease in rat taste receptor cell intracellular pH is the proximate stimulus in sour taste transduction // American journal of physiology, -2001. -V. 281. -P. 1005-1013.
50. Manzini I., Czesnik D.: Strukturelle und funktionelle Grundlagen des Schmeckens. IN: Hummel T., Welge-Lüssen A. (Hrsg.): Riech- und Schmeckstörungen. Thieme 2009, 27-41.
51. Marks L.E., Wheeler M.E.: Attention and the detectability of weak taste Stimuli. IN: Chemical Senses 23, 1998, 19-29.
52. Meyerhof W., Nacht-sheim R.: Fettig. Die sechste Geschmacksqualität? IN: Journal Culinaire 14, 2012, 8-14.
53. Meyerhof W.: Geschmacksfragen -Neues aus der Ernährungsforschung. Mechanismen der Geschmackswahrnehmung und ihre Auswirkung auf das Essverhalten. IN: Moderne Ernährung Heute No. 1, 2003.

54. Miyaki T., Kawasaki H., Kuroda M., Miyamura N. Kouda 1: Effect of a kokumi peptide, g-glutamyl-valyl-glycine, on the sensory characteristics of chicken consomme. IN: *Flavour* 4, 2015,17.
55. Miyamura N., JoS., Kuroda M., Kouda T.: Flavour improvement of reduced-fat peanut butter by addition of a kokumi peptide, g-glutamyl-valyl-glycine. N: *Flavour* 4, 2015, 16.
56. Nachtsheim R., Schlich E.: Die sensorische Wahrnehmung von Fett und deren Einfluss auf den Fettverzehr. IN: *Ernährungsumschau* 10, 2011, 530-535.
57. Nachtsheim R.: Einflussfaktoren auf die sensorische Wahrnehmung von Fett und deren Auswirkung auf das Ernährungsverhalten. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen 2014.
58. Nelson G., Hoon M.A., Chandrashekar J., Zhang Y., Ryba N.J.P., Zuker C.S. Mammalian sweet taste receptors // *Cell*. - 2001. - V. 106. - P. 381 -390.
59. Pasquet P., Monneuse M.-O., Simmen B., Marez A., Hladik C.-M.: Relationship between taste thresholds and hunger under debate. IN: *Appetite* 46, 2006, 63-66.
60. Piqueras-Fiszman B., Laughlin Z., Miodownik M., Spence C.:Tasting spoons: Assessing how the material of a spoon affects the taste of the food. IN: *Food Quality and Preference* 24, 2012, 24-29.
61. Ramaekers M.G.,Verhoef A.,Gort G., Liming P.A., Boesveldt S.: Metabolie and Sensory Influences on Odor Sensitivity in Humans. IN: *Chemical Senses* 41, 2016, 163-168.
62. Reineccius,G.A. *Flavor Chemistry and Technology*. - Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. -489 p.
63. Rodgers S., Busch I., Peter H., Christ-Hazelhof E. Building a tree of knowledge: analysis of bitter molecules // *Chemical senses*. - 2005. - V. 30. - № 7. - P. 547-557.
64. Schindlegger W.: Ursachen f ur Anorexie im Alter. IN: *Journal fur Ernährungsmedizin* 3 (3), 2001, 7-11.
65. Schonhammer R.: Ein-führung in die Wahrnehmungspsychologie. Sinne, Körper, Bewegung, facultas.wuv Verlag 2009.
66. Shallenberger R.S., Acree T.E. Chemical structure of compound and their sweet and bitter taste // *Handbook of sensory physiology*. Vol. IV. Chemical senses. Part 2. Taste / Eds. H. Autram, R. Jung, W.R. Loewenstein, D.H. MacKay, H.L. Teuber. -Springer-Verlag. - 1971. - P. 221-277.
67. Stewart R.E., DeSimone J.A., Hill D.L. New perspectives in gustatory physiology: transduction, development, and plasticity // *American journal of physiology*. - 1997. - V. 272. - № 1. - P.1-26.
68. Knecht M., Hiittenbrmk K.-B., Hummel T.: Storungen des Riechens und Schmeckens. IN: *Schweizer Medizinische Wochenschrift* 129, 1999, 1039-1046.
69. *Thermal Generation of Aromas* / Edited by T. H. Parliement, R. J. McGorin and C.-T. Ho. - Washington, DC : ACSSymposium Series, Vol. 409, American Chemical Society, 1989. - 560 p.
70. van der Klaauw N.J., Smith D.V. Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts // *Physiology and behavior*. - 1995. - V. 58. - № 2. - P. 295-306.
71. Voirol E., Roberts D.: Influence of colour on the flavour perception of a „Cafe au lait". 4th Pangborn Symposium, Dijon 2001, Poster P023.
72. Warnock A.R., Delwiche J.F.: Regional variation in sweet suppression. IN: *Journal of Sensory Studies* 1, 2006, 348-361.
73. Woods A.T., Poliakoff E., Lloyd D.M., Kuenzel J., Hodson R., Gonda H., Batchelor J., Dijksterhuis G.B., Thomas A.: Effect of background noise on food perception. IN: *Food Quality and Preference* 22, 2011, 42-47.
74. Zverev Y.P.: Effects of caloric deprivation and satiety on sensitivity of the gustatory system. IN: *BMC Neuroscience* 2004, 15.

СЛЕДУЕТ ЛИ НАМ ОПАСАТЬСЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА?

*Thomas Metzinger**, *Peter J. Bentley***, *Olle Häggström****, *Miles Brundage*****
*Предисловие Teresa Giménez Barbat******

Детальный анализ

Оценка научных и технологических вариантов
Научно-техническая служба Европейского Парламента

European Parliament

SHOULD WE FEAR ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Европейский парламент

* Майнцкий университет имени Иоганна Гутенберга,
федеральная земля Рейнланд-Пфальц
** Университетский колледж Лондона
*** Технический университет Чалмерса в Гётеборге, Швеция
**** Оксфордский университет
***** Член Европейского парламента

In-depth analysis

Science and Technology Options Assessment
EPRS (European Parliamentary Research Service)
Scientific Research Unit (STOA)¹
PE 614.547
Март 2018 г.

Содержание

1. Предисловие
2. Введение
3. Три закона искусственного интеллекта: развенчание распространенных, но ошибочных мнений
4. Расширение человеческих возможностей: аргумент в защиту условного оптимизма в отношении искусственного интеллекта
5. Замечания об искусственном интеллекте и разумном оптимизме
6. В направлении к Хартии глобального искусственного интеллекта

¹ Орган Европейского парламента – группа, состоящая из членов Европейского парламента, основанная в 1987 г., проводящая независимую экспертную оценку научно-технических достижений.

1. Предисловие

Мария Тереза Хименес Барбат²

Вот уже несколько лет искусственный интеллект (ИИ) набирает обороты. Волна программ, которые получают максимальную производительность от процессоров последнего поколения, получают впечатляющие результаты. Одним из наиболее выдающихся приложений ИИ является распознавание голоса: хотя первые модели были неуклюжими и были отмечены постоянными дефектами, теперь они способны правильно реагировать на любые запросы пользователей в самых разных ситуациях. В области распознавания изображений также достигнуты значительные успехи: программы, способные распознавать фигуры - и даже кошек - в онлайн-видео, теперь адаптированы для программного обеспечения, позволяющего контролировать самоуправляемые автомобили³, которые будут появляться на наших улицах в ближайшие годы. Сегодня мы не можем представить себе будущее в Европе без развитого ИИ, который будет влиять на все больше и больше аспектов нашей жизни, от работы до медицины и от образования до межличностных отношений. В феврале 2017 г. Европейский парламент утвердил отчет с рекомендациями для Европейской комиссии о правилах гражданского права для робототехнических средств. Многие члены парламента (MEP) услышали ряд любопытных выражений, возможно, впервые: такие понятия, как “интеллектуальный автономный робот”⁴ и даже “электронная личность”⁵.

Любое будущее законодательство в этой области, которое направлено на то, чтобы быть действительно полезным, способствующим прогрессу и приносящим пользу как можно большему числу граждан, должно основываться на диалоге с экспертами. Эта проблема лежит в основе моей просьбы к Группе по оценке научно-технических достижений (STOA) (см. сноску 1) организовать мероприятие, чтобы обсудить, можем ли мы с оптимизмом смотреть на ИИ: можем ли мы верить, что это пойдет на пользу обществу? Нам удалось собрать группу, возглавляемую профессором психологии Гарвардского университета и автором научных публикаций Стивенем Пинкером (Steven Pinker). К нему примкнули Питер Джон Бенгли (Peter John Bentley), специалист по вычислительной технике из Университетского колледжа Лондона; Майлз Брандейдж (Miles Brundage) сотрудник Оксфордского института будущего человечества при Оксфордском университете⁶; Олле Хэгстрём (Olle Häggström), профессор математической статистики в Уни-

² Испанский антрополог, писатель и политик, член Альянса либералов и демократов за Европу, член Европейского парламента.

³ Самоуправляемый или беспилотный автомобиль, оборудованный системой автоматического управления, который может передвигаться без участия человека.

⁴ Автономный робот – робот, который совершает поступки или выполняет поставленные задачи с высокой степенью автономии, что особенно необходимо в таких областях как освоение космоса, ведение домашнего хозяйства (например, уборка), очистка сточных вод и доставка товаров и услуг.

⁵ Имеется в виду рассматриваемый Европейским парламентом проект резолюции о правовом статусе роботов как “электронной личности”.

⁶ Институт будущего человечества – английский исследовательский институт, являющийся частью факультета философии и Школы XXI века Джеймса Мартинна, основанный в 2005 г.

верситете Чалмерса и автор книги “Здесь обитают драконы”⁷, а также философ Томас Метцингер (Tomas Metzinger) из Университета Майнца и сторонник этического кодекса ИИ. После обсуждений в группе Бентли, Брандейдж, Хэгтстрём и Метцингер прислали нам тексты, которые послужили основой для предлагаемой статьи.

То, что предлагается читателю, это сборник статей, в которых рассматриваются некоторые идеи, которые я считаю особенно полезными для политиков и законодателей. Например, важно не поддаваться искушению принимать законодательные акты по несуществующим проблемам. Путь к более автоматизированному обществу, в котором единственным сложным интеллектом не является человек, не свободен от причинения ущерба и страха. Пессимистическое предубеждение наших предков заставляет нас видеть вещи в худшем свете, чем они есть на самом деле, и систематически противостоять технологическому прогрессу, а также дает нам возможность генерировать непомерные страхи, такие как идея, что “суперинтеллект”⁸ неизбежно обернется против Человечества и вызовет “пост человеческое” будущее⁹. По словам Питера Бентли, автора текста “*Три закона искусственного интеллекта*”, этот миф о том, что ИИ может представлять собой экзистенциальную угрозу человечеству, является одним из самых распространенных и лежит в основе многочисленных недоразумений. ИИ состоит из математических алгоритмов, ограниченных поиском особенностей: вера в то, что ИИ может привести к роботам, желающим доминировать в мире, не имеет оснований в реальности, а является просто научной фантастикой.

Другая заслуживающая внимания идея заключается в том, что ИИ будет стимулировать и развивать общество благополучия. “Существует множество возможных злонамеренных применений ИИ”, - объясняет Майлз Брандейдж, но, если ряд условий, описанных в его статье “*Расширение человеческих возможностей: аргумент в защиту условного оптимизма в отношении искусственного интеллекта*”, сойдется, мы можем быть очень оптимистичными. ИИ позволит решать сложные проблемы и на него будет возложена ответственность за определенные решения, что позволит избежать предрассудков или злоупотреблений. ИИ будет иметь огромное экономическое значение в ближайшие годы. Олае Хэгтстрём приводит исследование McKinsey & Co¹⁰, согласно которому дополнительную экономическую ценность, получаемую от ИИ, можно осторожно оценить в 30 млрд. долл. Томас Метцингер выделяет некоторые из наиболее важных проблем, которые он видит в будущем ИИ, и предлагает ряд сопроводительных практических рекомендаций о том, как может реагировать ЕС. Конечно, нам придется сосуществовать с разными степенями ИИ. Мы надеемся, что между всеми нами мы сможем преодолеть большинство наших страхов и лучше понять технологию, которая уже формирует наше будущее.

⁷ Книга вышла в свет в 2017 г. Автор рассуждает о научно-техническом прогрессе, который кардинально меняет наши жизни, но предупреждает, что достижения могут использоваться и во вред человечеству.

⁸ Суперинтеллект – гармоничное развитие всех видов интеллектов, т.е. творческого, личностного, социального, духовного, физического, сенсорного, сексуального, цифрового, пространственного и вербального

⁹ Имеется в виду книга американского социального философа и политолога Френсиса Фукуямы “Наше пост человеческое будущее: последствия биотехнологической революции”, вышедшей в свет в 2002 г.

¹⁰ Международная консалтинговая компания, специализирующаяся на решении задач, связанных со стратегическим управлением. Основана в 1926 г., со штаб-квартирой в Нью-Йорке.

2. Введение

Филип Боучер (Philip Boucher), руководитель СТОА

В целом люди живут дольше и здоровее, чем когда-либо прежде. Для многих этих базовых показателей достаточно, чтобы сделать вывод, что мир становится лучше. Однако, когда мы смотрим на заголовки, становится ясно, что человеческие страдания по-прежнему велики. Действительно, если мы рассмотрим растущие угрозы изменения климата, повышения уровня моря и массового вымирания видов, а также ядерные угрозы и политическую нестабильность, некоторые найдут мало причин для веселья. В зависимости от того, какие переменные мы расставляем по приоритетам (равенство, биоразнообразие, насилие, бедность, уровни CO₂, конфликты, разрушение озонового слоя) и как мы их оцениваем, мы можем привести рациональные аргументы в пользу оптимистических или пессимистических взглядов на будущее человечества.

Картина одинаково неоднозначна, когда мы рассматриваем новые технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ), которые, по прогнозам, окажут огромное влияние на будущее человечества, в лучшую или худшую сторону. Например, ИИ может принести существенную пользу для нескольких аспектов нашей жизни, от прогнозов погоды до диагностики рака. В то же самое время были высказаны опасения, что это может поставить под угрозу многие рабочие места и принятие решений по важным вопросам без прозрачности.

Известные личности присоединились к обеим сторонам дискуссии. Например, Илон Маск¹¹ (Elon Musk) разделял опасения, что ИИ представляет собой экзистенциальную угрозу для человеческой расы, а Билл Гейтс¹² (Bill Gates) возразил, что эта технология сделает нас более продуктивными и креативными. Однако, помимо заголовков, и Гейтс, и Маск признают, что ИИ представляет широкий спектр возможностей и проблем, и оба требуют проведения анализа о том, как мы можем управлять его развитием таким образом, чтобы максимально использовать его преимущества, не подвергая нас опасности.

Наши надежды и страхи по поводу ИИ связаны не только с отдаленным будущим. Они часто касаются сегодняшнего ИИ, который уже оказывает существенное влияние на нашу жизнь и, по-видимому, как в лучшую, так и в худшую сторону. Например, ИИ является частью как проблемы, так и решения для информационного вброса. Алгоритмы искусственного интеллекта использовались для поддержки более беспристрастного уголовного правосудия, но они обвиняются в расовых предубеждениях.

Хотя никто не может предсказать, как ИИ будет развиваться в будущем, кажется, что мы столкнемся со многими проблемами и возможностями, некоторые из которых более серьезны, чем другие. Если бы существовала единственная рациональная позиция относительно будущего ИИ, это, безусловно, было бы более проработанным подходом, чем необузданный оптимизм или сокрушительный страх. До тех пор, пока мы не узнаем больше

¹¹ Известный американский предприниматель, инвестор, изобретатель, инженер и миллиардер, генеральный директор компании SpaceX, разрабатывающей ракеты-носители и являющейся коммерческим оператором космических систем.

¹² Американский предприниматель, филантроп и общественный деятель, один из основателей компании Microsoft.

о воздействии ИИ и о возможностях человечества реагировать на них, важно создавать места, где мы можем наблюдать, отражать и обсуждать проблемы и, при необходимости, готовить соответствующие ответы. Эта дискуссия должна оставаться открытой для широкого круга дисциплин. Научно-техническое сообщество должно сыграть важную роль, особенно в рассмотрении границ того, что технически возможно. С другой стороны, понимание развития и влияния технологий на общество требует социологической экспертизы. Ни одна дисциплина не имеет монополии на мудрость.

Именно в этом контексте 19 октября 2017 г. СТОА провел семинар в Европейском парламенте, чтобы рассмотреть вопрос обоснованности оптимизма в отношении ИИ. Стивен Пинкер (Гарвардский университет) открыл мероприятие лекцией о широкой концепции рационального оптимизма. За этим последовали четыре докладчика из разных дисциплин - Питер Дж. Бентли, ученый из Университетского колледжа Лондона, Майлз Брандейдж, исследователь технической политики из Оксфордского университета, Олле Хэггстрем, статистик из Университета Чалмерса, и Томас Метцингер, философ из университета Иоганна Гутенберга в Майнце - который представил свои собственные позиции о том, стоит ли бояться ИИ. Оживленные дебаты по-прежнему доступны в Интернете, и мы очень рады, что четыре оратора согласились уточнить свои взгляды в отдельные документы с изложением позиции, которые публикуются вместе в этом сборнике. Мы дали авторам карт-бланш, чтобы изложить их аргументы на их собственных условиях и в их собственном стиле, с целью внести полезный вклад в текущие дебаты об ИИ в парламентском сообществе и за его пределами. Учитывая растущее внимание к этой теме как среди членов Европарламента, так и среди граждан, в ближайшие годы будет еще много дискуссий и публикаций.

3. Три закона искусственного интеллекта: развенчание распространенных, но ошибочных мнений

Питер Бентли

Искусственный интеллект (ИИ) сегодня моден. После некоторых заметных успехов в новых технологиях ИИ и новых приложениях наблюдается всплеск интереса, что привело к выражению мнений во многих дисциплинах. К ним относятся мнения непрофессионалов, политиков, философов, предпринимателей и профессиональных лоббистов. Тем не менее, эти мнения редко выражают люди, которые больше всего разбираются в искусственном интеллекте: специалисты по теории вычислительных машин и инженеры, которые проводят дни, разрабатывая интеллектуальные решения, применяя их к новым продуктам и тестируя их. В этой статье представлены взгляды специалиста в области теории вычислительных машин, имеющего опыт создания технологий искусственного интеллекта, в попытке представить сбалансированное и обоснованное мнение по этому вопросу.

Развенчание распространенных, но ошибочных мнений

Одно из самых необычных утверждений, которое часто повторяется, заключается в том, что ИИ представляет собой опасность для человечества, даже “экзистенциальную угрозу”. Некоторые утверждают, что ИИ может каким-то образом развиваться спонтанно и неистово, как какой-то экспоненциально развивающийся рак. Мы могли бы начать с чего-то простого,

но интеллект улучшается вне нашего контроля. Прежде чем мы в этом разберемся, весь человеческий род будет бороться за свое выживание [4].

Все это звучит абсолютно ужасающе (именно поэтому во многих научно-фантастических фильмах развивается эта тема). Вопреки этому серьезные комментаторы, философы и знающие люди не должны распространять эти истории, чисто фантастические идеи. Правда противоположна: ИИ – как и любой интеллект – может развиваться только медленно, тяжело и болезненно. Нелегко стать умным.

Всегда было два типа ИИ: реальный и вымышленный. Реальный ИИ – это, что мы видим вокруг нас – интерпретация и распознавание речи, скрытая система обнаружения мошенничества в наших банках, даже системы считывания номеров, используемые полицией ([3], [14], [2]). Реальный ИИ используется для создания сотен различных и узкоспециализированных типов интеллектуального программного обеспечения для решения миллионов различных проблем в различных изделиях. Это происходит с самого рождения области ИИ, которое происходило во время рождения компьютеров [5]. Технологии ИИ уже используются для программного и аппаратного обеспечения, окружающего нас. Но эти технологии просто умные технологии. Они являются вычислительными эквивалентами шестеренок и пружин в механических устройствах. И как в случае сломанных зубьев шестеренок и пружин, конкретное изделие может выйти из строя. Так же, как шестеренки и пружины не могут магически превратиться в робот-убийцу, наше интеллектуальное программное обеспечение, находящееся в изделиях, не может превратиться в злонамеренный ИИ.

Реальный ИИ спасает жизни, помогая задействовать механизмы безопасности (автоматическое торможение автомобилей или даже беспилотные транспортные средства). Реальный ИИ помогает нам оптимизировать процессы или предсказать неисправность, повысить эффективность и уменьшить количество отходов в окружающей среде. Единственная причина, почему имеются сотни компаний в сфере ИИ и тысячи исследователей и инженеров занимаются соответствующими исследованиями, состоит в том, что их целью является поиск решений, которые помогают людям и улучшают нашу жизнь [13].

Другой тип ИИ – содержащий супер интеллектуальные (суперумные) обычные ИИ, который убьет нас всех – это фикция. Для специалистов в области теории вычислительных машин характерна тенденция работать с первым типом ИИ. Но поскольку статья нацелена на взвешенное рассмотрение с упором на рациональный здравый смысл, в следующих разделах будут рассеяны некоторые мифы в этой области. В этой статье я ввожу “Три закона ИИ” как способ объяснения того, почему мифы являются фантастическими, если не абсурдными. Эти “Законы” – просто резюме результатов многолетних научных исследований в области ИИ в упрощенном виде для непрофессионалов.

Миф 1: самомодифицирующийся ИИ станет суперумным

Некоторые комментаторы полагают, что существует определенная опасность того, что ИИ “вырвется на свободу” и “станет суперумным” [11].

Первый закон ИИ говорит нам, почему этого не может случиться.

Первый закон ИИ: Проблема порождает интеллект

Из нашего исследования в области искусственной жизни¹³ (ALife) мы наблюдали, что интеллект существует только для решения актуальной проблемы. Без правильного решения проблем интеллект не может возникнуть или расти [15]. Интеллект необходим только тогда, когда эти проблемы меняются и не предсказуемы. Интеллект будет развиваться только для решения этих проблем, если его будущее будет зависеть от его успеха.

Чтобы сделать простой ИИ, мы создали алгоритм для решения одной конкретной проблемы. Чтобы превратить свой интеллект в обычный ИИ, мы должны представить еще более сложный и разработать новый алгоритм для их решения, сохраняя то, что успешно. Без постоянного решения новых проблем и некоторого вознаграждения за успех, наши ИИ не достигнут большего коэффициента умственного развития. Исследователи в области ИИ хорошо знают все это. Робот, который может хорошо выполнить одну работу, никогда не сможет развивать свои способности, если мы не заставим его делать это [18]. Например, система распознавания номерных знаков, используемая полицией, является специализированной формой ИИ, предназначенной для решения одной конкретной проблемы – считывания номерных знаков автомобилей. Даже, если с помощью какого-либо технологического способа, который будет добавлен в этот простой ИИ, чтобы он смог модифицироваться, его интеллект никогда не будет расти без установления перед ним новой сложной проблемы. Без неотложной необходимости интеллект будет просто тратить время и усилия. Если посмотреть на окружающий мир, мы найдем множество примеров – для решения большинства проблем в природе не требуются мозги. Только для очень ограниченного вида организмов требуются чрезвычайные усилия, необходимые для развития мозга. У еще меньшего количества видов развиваются очень сложные мозги.

Первый закон ИИ говорит нам, что искусственный интеллект – чрезвычайно трудная цель, требующая идеально правильных условий и значительных усилий. Не будет выгодных из-под контроля ИИ, не будет без нашего контроля саморазвивающихся ИИ. Не будет никаких особенностей. ИИ будет настолько умным, насколько мы этому будем способствовать (или вынудить) под давлением.

К слову сказать, даже если бы мы могли создать сверх разум, нет никаких доказательств того, что такой сверх интеллектуальный ИИ когда-нибудь пожелает причинам нам вред. Такие утверждения глубоко ошибочны, возможно, появляющиеся в результате наблюдений за поведением людей, которое действительно бывает жестоким. Но ИИ не будут обладать интеллектом человека. Наше реальное будущее почти определенно будет продолжением нынешней ситуации. ИИ будут развиваться вместе с нами, и будут проектироваться для удовлетворения наших потребностей, таким же образом, как мы манипулируем сельскохозяйственными культурами, крупным рогатым скотом и домашними животными с целью удовлетворения наших потребностей [16]. Нет таких планов, чтобы наши кошки и собаки убивали всех людей. Подобным образом, более передовой ИИ будет соответствовать нашим потребностям настолько, что он будет интегрирован с нами и нашими обществами. Он больше не будет желать убить нам, чем убьет и себя.

¹³ Искусственная жизнь – организмы, созданные человеком искусственным путем с помощью геной инженерии и биотехнологий. Или же – жизнь, созданная на основе компьютерных моделей.

Миф 2: Без достаточных ресурсов (нейронов/компьютеров/памяти) ИИ будет умнее людей

Комментаторы заявляют, что “больше это лучше”. Если в мозге человека имеется сто млрд. нейронов, тогда ИИ с тысячами млрд. моделированных нейронов¹⁴ будет умней, чем человек. Если человеческий мозг эквивалентен всем компьютерам Интернета, то ИИ в Интернете будет иметь интеллект человека. В реальности важно не количество, а то как эти ресурсы организованы, как объясняет второй закон ИИ.

Второй закон ИИ: для интеллекта требуется соответствующая структура

Для мозговых структур не существует “единого подхода”. Для решения каждого вида проблемы требуется новый вид исполнения. Для понимания того, что мы видим, нам нужно новое исполнение. Для того чтобы двигать мышцы, нужен другой вид исполнения. Для хранения памяти еще один вид исполнения. Биология подсказывает нам, что нам требуется много нейронов, чтобы быть очень умными. Хитрость состоит в том, чтобы правильно организовать их, выстраивая оптимальный алгоритм для каждой задачи [8].

Почему мы не можем использовать математику для создания ИИ?

У нас имеется большой объем накопленных знаний, и поэтому знаем, что многие методы машинного обучения дают предсказуемые результаты, позволяя нам точно понять, что эти ИИ могут и не могут делать. Однако большинство практических решений непредсказуемо, поскольку они очень сложные и могут использовать понятие случайности в своих алгоритмах, и это означает, что наша математика не может с этими сложностями справиться, и поскольку часто получает непредсказуемые исходные данные. В то время как у нас нет математических приемов для предсказания возможностей нового ИИ, у нас есть математические приемы, которые говорят нам о границах вычислений. Алан Тьюринг¹⁵ помог создать информатику и рассказал нам об одном виде ограничений – мы никогда не сможем предсказать, остановится ли какой-либо произвольный алгоритм (включая ИИ) в процессе вычислений или нет [17]. Мы также имеем “Теорему об отсутствии бесплатных завтраков”, которая говорит нам, что нет алгоритма, который будет превосходить все другие при решении всех проблем – и это значит, что нам необходим новый алгоритм ИИ, разработанный индивидуально для

¹⁴ Искусственная нейронная сеть – математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Нейронные сети не программируются, а обучаются. Возможность обучения – одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами.

¹⁵ Английский математик, логик, криптограф, оказавший существенное влияние на развитие информатики, в частности в области искусственного интеллекта. Для формализации понятия алгоритма предложивший Машину Тьюринга – абстрактную вычислительную машину.

каждой новой проблемы, если нам необходим наиболее эффективный интеллект ([19], [20]). У нас даже есть Теорема Райса¹⁶, которая говорит нам, что невозможно, чтобы один алгоритм отладил другой алгоритм идеально – это означает, что даже если ИИ может измениться, он никогда не сможет определить, работает ли изменение для всех случаев без эмпирической проверки [12].

Чтобы создать ИИ, нам необходимо разработать новые структуры/алгоритмы, которые будут предназначены для решения каждой задачи, поставленной перед ИИ. Для решения различных типов проблем требуются различные структуры. Проблема, с которой никогда ранее не приходилось сталкиваться, может для своего решения потребовать разработки новой структуры, никогда не создававшейся прежде. Нет универсальной структуры, которая будет годиться для решения всех проблем – теорема об отсутствии бесплатных завтраков ([19], [20]) говорит нам об этом (см. Вставку). Поэтому создание все более совершенного интеллекта или способность решать все более разнообразные задачи – это непрерывный инновационный процесс, требующий создания новых структур, адаптированных к каждой новой проблеме. Большая проблема в исследовании ИИ состоит в том, чтобы выяснить, какие структуры или алгоритмы требуются для решения той или иной проблемы. Исследования в этой области все еще находятся в младенческом возрасте, и именно поэтому в настоящее время все ИИ чрезвычайно ограничены по интеллекту.

По мере того, как мы создаем все более умные ИИ (или, если нам когда-нибудь удастся выяснить, как создать ИИ, которые могут продолжать изменяться), мы сталкиваемся с еще большим количеством проблем. Мы не можем создавать интеллект в один прием, поскольку у нас нет математических приемов для предсказания возможностей новой структуры, и поскольку мы недостаточно понимаем, как различные структуры/алгоритмы распределяются по каким-либо проблемам. Наше единственное мнение в создании больших интеллектуальных способностей связано с постепенным подходом метода проб и ошибок.

Для каждой новой структуры нам необходимо ввести ее в интеллект без разрушения существующих структур. Этого чрезвычайно трудно достичь, и может привести к созданию слоя за слоем новых структур, каждая из которых тщательно работает с более ранними структурами – как это характерно и для мозга человека. Если нам нужен еще более умный мозг, такой как наш, мы также можем добавить способность некоторых структур перепрофилироваться, если другие структуры повреждены – изменять свои структуры, пока они не смогут хотя бы частично взять на себя роль утерянных функций. В любом случае у нас мало идей, как этого добиться.

Второй закон III говорит нам, что ресурсов недостаточно. Мы все еще должны разрабатывать новые алгоритмы и структуры в (и поддерживать) III для каждой новой проблемы, с которой сталкивается III.

Именно по этим причинам мы не можем создавать интеллектуальные системы общего назначения, используя единый подход. На планете нет одного ИИ (даже модного ИИ на основе “глубокого изучения”), который мог бы использовать тот же самый метод для распознавания речи, вождения ав-

¹⁶ Теорема американского математика Генри Райса, согласно которой для любого нетривиального свойства вычислимых функций определение того, вычисляет ли произвольный алгоритм функцию с таким свойством, является алгоритмически неразрешимой задачей.

томобилы, обучения тому, как играть сложную видеоигру, управлять роботом, чтобы передвигаться по оживленным городским улицам, мыть посуду в раковине и планировать стратегию для привлечения инвестиций для компании. Когда мозг человека выполняет такие задачи, он использует бесчисленное множество различных нейронных структур в различных комбинациях, каждая из которых предназначена для решения определенной субпроблемы. У нас нет возможности создавать такие мозги, поэтому вместо этого мы готовим по одному специализированному умному решению для каждой проблемы и использование их отдельно друг от друга.

Миф 3: так как производительность компьютеров удваивается через 18 месяцев, ИИ должны использовать эту производительность и потенциально становиться умнее

Комментаторы утверждают, что просто за счет повышения производительности удастся преодолеть все проблемы в создании ИИ. При использовании достаточно быстрых компьютеров ИИ сможет нас учить и обдумывать. Так как производительность процессоров компьютера удваивается за 18 месяцев на протяжении десятилетий, это, безусловно, неизбежно. Как ни печально, эта точка зрения не учитывает влияние противоположного экспоненциального роста, который служит существенным тормозом для развития ИИ: тестирование.

Третий закон ИИ: для интеллекта требуется комплексное тестирование

Для высшего интеллекта требуются самые сложные проектные решения. Но каждое незначительное изменение, сделанное в попытке улучшить творческий замысел интеллекта, может свести к нулю любую или все существующие возможности. К тому же, у нас нет математических приемов, которые позволили бы предсказать возможности обычного интеллекта (см. Вставку). В силу этих причин для каждого нового творческого замысла интеллекта необходимо полное тестирование всех проблем, требующих решения. Недостаточно частичного тестирования – интеллект необходимо тестировать на всех вероятных сочетаниях проблемы в течение заданного срока службы, в противном случае его возможности могут быть ненадежными.

Все исследователи ИИ слишком хорошо знают эту суровую истину: чтобы создать ИИ, необходимо обучить его и всесторонне проверить все его возможности в предполагаемой среде его использования на каждом этапе проектирования. Как говорил Марвин Минский¹⁷ (Marvin Minsky), основатель лаборатории информатики и искусственного интеллекта: “имеется много историй о том, как все могло пойти плохо, но я не могу воспринимать их всерьез, потому что довольно трудно понять, почему кто-то сделал все в большом масштабе без проведения длительного тестирования” [1]. Больше, чем любой другой аспект, это процесс тестирования, для которого требуется больше всего времени. Это временное ограничение тормозит процесс создания интеллекта. В худшем случае, уровень тестирования будет экспоненциально расти для каждого прироста интеллекта.

¹⁷ Американский ученый в области искусственного интеллекта, основатель Лаборатории искусственного интеллекта в Массачусетском технологическом институте

Чтобы понять почему, представьте себе интеллект, который может распознавать 10 различных цветов и должен различать два типа объектов, используя одну эту функцию, цвет. В этом случае ИИ может понять в лучшем случае 10 различных видов объекта и классифицировать их на два класса. Если расширить его способности для распознавания двух характеристик – например, цвета и 10 оттенков яркости, тогда он сможет понять в лучшем случае 100 различных видов объекта. Он может распознавать 100 характеристик, он может понять 10^{33} объектов. Как мы узнаем, что ИИ будет все эти объекты классифицировать правильно? Это становится очень важным вопросом для критичных для безопасности применений. Представьте, что ИИ управляет вашим автомобилем и двумя классами объектов являются “дорога” и “препятствие”.

В реальности все намного сложнее. Многие биологические интеллект¹⁸ могут различать невообразимое количество объектов, используя тысячи или миллионы характеристик, каждая из которых может принимать тысячи или миллионы значений. Проверка таких интеллектов в самом деле может занять очень много времени. Это не должно быть большим сюрпризом. Эволюция создает биологические мозги, тестируя параллельно триллионы мозгов в каждом возможном сценарии в течение миллионов лет, позволяя, чтобы только успешные мозги содействовали будущей конструкции мозга. Это очень эффективный и действенный метод тестирования, о выполнении которого мы можем только мечтать.

Огромная потребность в тестировании ИИ имеет серьезные последствия. Мы не сможем создавать лучшие ИИ без проверки их на каждой стадии. Компания Google¹⁹ проводит длительные тестирования своих беспилотных автомобилей²⁰ (к июню 2016 г. компания провела тест-драйв своего парка автотранспортных средств с общим пробегом 2777585 км) [9]. Все инженеры и исследователи в области ИИ знают, что мы не можем создать ИИ для необходимых для безопасности применений до тех пор, пока не будет выполнено соответствующее тестирование. В ближайшем будущем нам необходимо также провести сертификацию, чтобы мы точно знали, насколько хорошо ИИ решает четко определенные задачи. И если ИИ будет продолжать обучаться или модернизироваться, мы не сможем предугадать, что, поскольку он прошел один тест, он будет продолжать делать это, как пилот-человек, любой ИИ, который будет продолжать обучаться, должен пройти повторную проверку, чтобы гарантировать, что он прошел сертификацию²¹

¹⁸ Биологический интеллект – врожденные заданные способности к обработке информации, связанные со структурами и функциями коры головного мозга.

¹⁹ Американская транснациональная публичная компания, основанная в 1996 г., реорганизованная в 2015 г. в международный конгломерат Alphabet. Inc в составе холдинга Alphabet, разрабатывающий интернет-сервисы и продукты.

²⁰ Беспилотный автомобиль компании Google, называемый также гугломобилем, который создается под эгидой отдельной компании Waymo, дочерней компании холдинга Alphabet.

²¹ Кстати говоря, любое взаимодействие человека с ИИ также предполагает обучение и новое доказательство соответствия для нас. Для автомобиля с ИИ, который в некоторых обстоятельствах принимает управление на себя, должно быть сделано распределение ответственности, когда ИИ достигнет пределов своих возможностей, а водитель не обучен тому, что оставаться достаточно внимательным, чтобы вернуть себе управление [7].

Третий закон III говорит нам, что по мере увеличения интеллекта время, необходимое для тестирования, может расти экспоненциально. В конечном итоге тестирование может вынудить ввести практические лимиты для достигаемого и надежного искусственного интеллекта. Точно так же, как становится все труднее и труднее приблизиться к скорости света, становится все труднее и труднее увеличивать интеллект, когда мы создаем идеально продуманный мозг.

И снова, это основополагающая причина, почему исследования и применения ИИ посвящены поиску интеллектуальных решений для решения очень специфичных проблем²².

Заключение

Существование ИИ берет свое начало со времени рождения компьютеров. Это было достаточно долго, и были периоды, когда некоторые ведущие эксперты заявляли о себе [5]. Клод Шеннон²³ (Claude Shannon) был одним из ведущих первооткрывателей теории вычислительных машин и систем и ИИ. В 1961 г. он сказал: “Я с уверенностью ожидаю, что через 10-15 лет из лаборатории²⁴ что-то выйдет, не очень далекое от робота из научной фантастики²⁵”. Он предсказывал, что к середине 1970-х годов у нас будут хотить, говорить, думать автономные машины. Через 40 лет мы все еще пытаемся робота работать. В настоящее время результаты обследований (в которых имеется множество видов точек зрения) заключаются выводами, что существует “вероятность в 50%, что ИИ превзойдут людей по решению всех задач через 45 лет” [10]. Все это звучит так знакомо. Но это просто неточно.

Не верьте обману. Мы ужасно предсказываем будущее, и почти все без исключения прогнозы (даже сделанные мировыми экспертами) совершенно неверны. В конце концов, история говорит нам, что обман является причиной того, почему исследования ИИ претерпевают периоды спада [5]. Масштабные утверждения ведут к большой гласности, что приводит к большим инвестициям и новым техническим нормам. А затем неизбежная реальность попадает в цель. ИИ не дотягивает до рекламной шумихи. Инвестиции прекращаются. Технические нормы подавляют инновации. И ИИ становится неприличным названием, которое никто не хочет произносить. Еще одна зима ИИ²⁶ препятствует прогрессу.

²² Еще одна основополагающая причина связана с нашими собственными мозгами: именно сейчас и в обозримом будущем мы не будем настолько умны, чтобы создавать интеллект. Мы не понимаем, как работает биологический мозг. Мы не знаем, почему работают наши некоторые наилучшие методы ММ.

²³ Американский инженер, криптоаналитик и математик, который считается “отцом информационного века”.

²⁴ Имеется в виду Лаборатория Белла (бывшая американская, а ныне финско-американская корпорация, крупный исследовательский центр в области телекоммуникаций, электронных и компьютерных систем, в которой работал Шеннон.

²⁵ Отрывок из интервью с Шенноном, появившимся в телевизионном шоу “Машина будущего” из документального фильма “Tomorrow” (“Завтра”), 1961 г. Copyright CBS News.

²⁶ Зима искусственного интеллекта – период в истории исследований ИИ, связанный с сокращением финансирования и общим снижением интереса к проблематике. Термин впервые был упомянут в 1984 г. на ежегодной встрече Американской ассоциации искусственного интеллекта.

Сегодняшним парикам историям и неразумным предсказаниям не должно быть места в научном прогрессе формировании политики — их надо оставить в кинотеатре. Однако важной является очень спокойная и разумная дискуссия. Технологии ИИ в настоящее время используются для необходимых для безопасности применений. Отвлекающие раздражители, вызываемые паническими слухами, могут привести к потерянному времени. Вместо того, чтобы концентрироваться на том, что может случиться, если научные фантазии окажутся правдой, мы должны сосредоточиться на регламентах безопасности и сертификации для каждого конкретного необходимого для безопасности применения ИИ. Где проводить новые тесты дорожной безопасности и сертификацию беспилотных автомобилей? Где проводить новые экзамены по вождению для водителей, являющихся владельцами автомобилей без водителей? Где будут находиться новые одобренные индикаторы транспортных средств, которые будут информировать пешеходов, о том, что автомобиль их распознает, и они могут безопасно переходить дорогу? Где правила, которые будут препятствовать тому, чтобы ИИ вызывал новые поляризованные точки зрения у населения? [6] Пришло время отбросить ерунду и сосредоточиться на реальности, здесь и сейчас. Как мы можем обеспечить безопасность каждого конкретного нового приложения интеллектуального программного обеспечения сегодня?

Искусственный интеллект обладает удивительным потенциалом для улучшения нашей жизни, помогая нам жить более здоровой, счастливой жизнью и создавая большое количество новых рабочих мест. Создание ИИ включает в себя многие из величайших научных и инженерных достижений, которые мы когда-либо предпринимаем. Это новая технологическая революция. Но эта революция волшебным образом не произойдет сама по себе. Три закона ИИ говорят нам, что, если мы хотим создать более продвинутого искусственного интеллекта, мы должны постепенно ставить перед ИИ новые задачи, тщательно разрабатывать новые интеллектуальные структуры, чтобы они могли преодолеть эти проблемы, и проводить масштабное тестирование, чтобы подтвердить, что им можно доверять решения проблем. Тысячи квалифицированных ученых и инженеров неустанно следуют именно этим путем (проблема, предполагаемое решение, тестирование), чтобы принести нам каждое небольшое постепенное улучшение, поскольку это наш процесс проектирования и наш научный метод. Не бойтесь ИИ — поражайтесь настойчивости и мастерству тех специалистов-людей, которые посвящают свою жизнь, чтобы помочь создать его. И цените, что ИИ помогает улучшать нашу жизнь каждый день.

Библиография

[1] Achenbach, J. (2016). Professor Marvin Minsky: Mathematician and inventor inspired by Alan Turing to become a pioneer in the field of artificial intelligence. Obituaries, Independent. Friday 29 January 2016.

[2] Anagnostopoulos, C-N E., (2014) License Plate Recognition: A Brief Tutorial. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine. Volume: 6, Issue: 1, pp. 59 – 67. DOI: 10.1109/MTS.2013.2292652

- [3] Aron, J. (2011) How innovative is Apple's new voice assistant, Siri? *New Scientist* Vol 212, Issue 2836, 29 October 2011, p. 24. [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(11\)62647-X](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(11)62647-X)
- [4] Barrat, J. (2015) Why Stephen Hawking and Bill Gates Are Terrified of Artificial Intelligence. *Huffington Post*.
- [5] Bentley, P. J. (2012) *Digitized: The science of computers and how it shapes our world*. OUP Oxford. ISBN-13: 978-0199693795.
- [6] Cesa-Bianchi, N., Pontil, M., Shawe-Taylor, J., Watkins, C., and Yilmaz, E. (2017) Proceedings of workshop: Prioritise me! Side-effects of online content delivery. The problem of bubbles and echochambers: new approaches to content prioritisation for on-line media 12 June 2017. Knowledge 4 All Foundation. London, UK.
- [7] Eriksson, A., & Stanton, N. A. (2017). Driving performance after self-regulated control transitions in highly automated vehicles. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. DOI: 10.1177/0018720817728774
- [8] Garner, A. and Mayford, M. (2012) New approaches to neural circuits in behaviour. *Learn. Mem.* 2012. 19: 385-390. Doi: 10.1101/lm.025049.111
- [9] Google (2016). "Google Self-Driving Car Project Monthly Report - June 2016" (PDF). Google. Retrieved 15 July 2016. <https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/en//selfdrivingcar/files/reports/report-0616.pdf>
- [10] Grace, K., Salvatier, J., Dafoe, A., Zhang, B. and Evans, O. When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts. arXiv:1705.08807
- [11] Häggström, O. (2016) *Here Be Dragons: Science, Technology and the Future of Humanity*. OUP Oxford.
- [12] Rice, H. G. (1953). Classes of Recursively Enumerable Sets and Their Decision Problems. *Trans. Amer. Math. Soc.* 74, 358-366.
- [13] Richardson, J. (2017) Three Ways Artificial Intelligence is Good for Society. *IQ magazine*, Intel. Available online: <https://iq.intel.com/artificial-intelligence-is-good-for-society/>
- [14] Siegel, E. (2013) *Predictive Analytics: The Power to Predict who will Click, Buy, Lie or Die*. John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-1-118-35685-2.
- [15] Taylor, T., Dorin, A., Korb, K. (2014) *Digital Genesis: Computers, Evolution and Artificial Life*. Presented at the 7th Munich-Sydney-Tilburg Philosophy of Science Conference: Evolutionary Thinking, University of Sydney, 20-22 March 2014. arXiv:1512.02100 [cs.NE]
- [16] Thrall, P. H., Bever, J. D., and Burdon, J. J. (2010) Evolutionary change in agriculture: the past, present and future. *Evol Appl.* 3(5-6): 405–408. doi: 10.1111/j.1752-4571.2010. 00155.x
- [17] Turing, A. (1937) On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem, *Proceedings of the London Mathematical Society, Series 2*, Volume 42, pp 230–265, doi:10.1112/plms/s2-42.1.230
- [18] Vargas, P. A., Di Paolo, E. A., Harvey, I. and Husbands, P. (Eds) (2014) *The Horizons of Evolutionary Robotics*. MIT Press.
- [19] Wolpert, D.H. (1996). The Lack of a Priori Distinctions between Learning Algorithms. *Neural Computation*, pp. 1341-1390.
- [20] Wolpert, D.H., Macready, W.G. (1997). No Free Lunch Theorems for Optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 1, 67.

4. Расширение человеческих возможностей: аргумент в защиту условного оптимизма в отношении искусственного интеллекта

Майлз Брандейдж

Введение

Мнения экспертов о сроках создания искусственного интеллекта сильно различаются; некоторые ожидают появления ИИ на уровне интеллекта человека в ближайшие несколько десятилетий, а другие думают, что это будет гораздо позднее [11]. Подобным образом, эксперты сомневаются, будет ли развитие ИИ полезным или вредным для человеческой цивилизации, выражая различные мнения, включая тех, кто уверен в том, что это будет чрезвычайно полезно, тех, кто считает, что это может быть чрезвычайно вредно (даже с риском исчезновения человека), и многие занимают промежуточные позиции [1]. Хотя риски, связанные с развитием ИИ, недавно получили существенное внимание ([5], [2]), мало внимания было уделено систематизированному обсуждению точных путей, при которых ИИ может быть полезным в долгосрочной перспективе.

В этой статье я не стремлюсь определить, что, вероятно, случится, и вместо этого привожу доводы в пользу *условного оптимизма* в отношении ИИ, и пытаюсь выяснить причины, по которым можно было бы ожидать, что ИИ станет преобразующей технологией для человечества, возможно, выгодно преобразующей. Под этим я подразумеваю, что, если человечество успешно справится с техническими, этическими и политическими проблемами разработки и распространения перспективных технологий ИИ, ИИ может оказать огромное и потенциально очень позитивное воздействие на благосостояние человечества в долгосрочной перспективе. Чтобы обосновать этот вывод, я сначала рассмотрю характеристики ИИ, которые оказывают огромное (положительное или отрицательное) воздействие на благосостояние человечества в долгосрочной перспективе. Затем я кратко опишываю некоторые условия для достижения успеха, т.е. какие необходимо решить проблемы, чтобы открыть позитивное будущее, возможности которого дают характеристики ИИ. Затем в основной части статьи я перечисляю три отдельные причины для (условного) ожидания того, что ИИ окажет огромное положительное воздействие на человечество: перспективный ИИ значительно ускорит решение задач (*ускорение решения задачи*), позволит более масштабно и более эффективно координировать деятельность отдельных лиц и институтов (*улучшенная координация*), а также позволит переориентировать жизнь людей на достижение целей, которые они считают объективно выполнимыми, сохраняя при этом высокий уровень жизни без необходимости выполнения нежелательной работы (*общество досуга*²⁷).

Ни один из этих конечных результатов не является гарантированным результатом создания ИИ, но я выдвигаю гипотезу, что ИИ необходим для достижения любого из них. Вопреки мнению, что развитие ИИ слишком рискованно, т.е. его следует избегать, вместо этого я утверждаю, что ИИ будет важным структурным элементом долгосрочного процветания человечества, и в заключение положительно оцениваю, как может выглядеть конечный результат.

²⁷ Концепция общества, в котором труд утрачивает свое прежнее основное значение.

Характеристики ИИ

ИИ – это совокупность исследований и разработок, ориентированных на использование цифровых технологий для создания систем, способных решать задачи (часто в результате обучения), для которых, как обычно полагают, требуется интеллект при решении задач человеком или животным, и ИИ быстро прогрессирует в последние годы после десятилетий недостаточного внимания. Примечательные недавние достижения ИИ включают в себя превосходство перед человеком в игре Го²⁸ и достижение производительности, превышающей производительность человека при решении ряда задач, связанных с обработкой изображений. Технологии ИИ широко распространены в современной жизни, с часто используемыми приложениями, включая поисковые системы, распознавание голоса по телефону и онлайн-машинный перевод; однако больше информации, чем какое-либо конкретное достижение ИИ при решении конкретной задачи, имеется в том, что сочетает в себе свойства цифровых технологий в целом (в том числе *масштабируемость* за счет копирования программ и ускорения их выполнения) со свойствами, которые обычно считаются уникальными для человека (*компетентность*). То есть, важность ИИ в значительной степени связана с его способностью увеличивать скорость решения интеллектуальной задачи; например, автоматический машинный перевод позволяет одновременно переводить текст одновременно для миллионов пользователей. В дополнение к его характеристике *наращиваемой компетентности*, перед перспективным ИИ может быть, в принципе, поставлена практически почти любая цель [5], которая будет как источником риска, так и возможностью. И наконец, как и в нынешних более узких областях, так и в более широком процессе принятия интеллектуальных решений ИИ может превзойти производительность человека, предоставляя возможность управлять большим количеством быстрых, компетентных систем для достижения произвольно выбранных целей. Именно эти свойства ИИ определяют обсуждение потенциальных последствий, которое следует ниже.

Условия для достижения успеха

Технология, которая является гибкой и перспективной, будет иметь огромное количество социальных последствий (как например, электроэнергетика). Но в отличие от электроэнергетики, системы ИИ обеспечивают гораздо более широкий спектр возможных функций, и в будущем будут выполнять еще более разнообразные функции. Имеется множество замеченных использований ИИ [9], и существует много способов, с помощью которых возможны непреднамеренные вредные использования, такого типа как отклонения алгоритма [12]. Для достижения долгосрочных выгод, изложенных ниже, необходимо избегать многих негативных результатов. Возможно, наиболее существенно, что должна быть решена *проблема управления*, т.е. нам нужно обеспечивать, чтобы системы ИИ достигали целей, к которым мы стремимся ([5], [2], [7]), не приводя к вредным последствиям в течение их процесса обучения, неправильного истолкования того, что желательно для них, или противодействуя контролю человека. В то время как

²⁸ Го – логическая настольная игра с глубоким стратегическим содержанием, возникшая в Древнем Китае от 2 до 5 тыс. лет назад. Входит в число пяти базовых дисциплин Всемирных интеллектуальных игр.

нынешние системы ИИ имеют ограниченные возможности по сравнению с человеком, и некоторые важнейшие проблемы безопасности вряд ли материализуются (например, системы ИИ, которые могут успешно избежать прекращения работы), решение проблемы управления является критически важным предварительным условием в долгосрочной перспективе, чтобы более перспективные системы ИИ оказали положительное влияние на общество. Кроме того, придется успешно преодолевать политические риски, связанные с неуместной концентрацией власти и богатства [6] и рискованными гонками развития, которые содействуют ослаблению внимания к безопасности, в попытке получить преимущество ([3], [6]).

В дальнейшем, чтобы сконцентрировать обсуждение, я предполагаю, что все вышеперечисленные проблемы, и подробно излагаю, каким образом результат может оказаться чрезвычайно полезным. Как отмечалось прежде, я не хотел бы, чтоб это читалось как прогноз, а как более подробная ведомость одной стороны затрат и выгод. После представления каждой из этих причин для оптимизма я объединяю их в общем позитивном видении возможного будущего с более перспективным ИИ.

Причины для оптимизма: ускоренное решение задачи, улучшенная координация и общество досуга

Ускоренное решение задачи

Наращиваемая компетентность ИИ пригодна для решения большего количества задач, что в противном случае было бы невозможно, включая обе задачи, которые способны решать люди (при наличии достаточного количества времени и ресурсов), и, в первую очередь, те, которые мы не способны решить в любое время из-за наших когнитивных и организационных ограничений. Системы ИИ уже продемонстрировали как уровень человека, так и сверхчеловеческие способности, и в последние несколько лет игра в Го быстро доказала преимущества ИИ перед человеком. Существует много применений технологических систем на уровне человека (или даже ниже систем с производительностью человека), таких как способность решать задачи, которые являются утомительными и требуют больших затрат времени. Иллюстративным примером этого является машинный перевод, когда каждый небольшой шаг в повышении производительности автоматизированных систем перевода может относительно быстро использоваться для широкого диапазона языковых пар и миллионов пользователей. Подобным образом, распознавание голоса - это не просто человеческий уровень исполнения в любом контексте, но часто помогает сэкономить время для пользователей цифровых устройств, которые предпочли бы не вводить каждое слово.

Более радикальные последствия могут возникнуть, исходя из характеристик *ускоренного решения задачи* ИИ, применяемого для более широкого диапазона областей, включая такие ситуации, когда требуются высокие уровни интеллекта и интуиции, такого типа как наука и техника. С учетом намного больших потенциальных скоростей компьютеров по сравнению с человеческим мозгом (с миллиардами операциями в секунду для данного вычислительного блока по сравнению с сотнями) и способности масштабировать системы ИИ до большого количества единиц вычислительного оборудования, обычный ИИ мог бы быстро достичь научных и инженерных инновационных решений. Некоторые такие инновационные решения такого вида, уровня которых люди могли бы достичь в конечном итоге, с учетом доста-

точного количества времени, но они должны ускоряться с помощью ИИ, нацеленного на решение проблемы. Другие могут быть недостижимы без помощи ИИ вследствие когнитивных ограничений человека (таких, как пределы долговременной и кратковременной памяти). Единственные четкие пределы того, что могут достичь более сложные ИИ, – это пределы физики, и они позволяют реализовывать гораздо более быстрые компьютеры, более прочные материалы и более дешевую энергию, в том числе путем использования автоматизированного прецизионного производства. В области биологических исследований даже старение явно не является постоянной чертой состояния человека, и множество других физических и когнитивных улучшений кажутся физически возможными [13].

Улучшенная координация

Более сложные системы ИИ при надлежащем применении могут позволить решить некоторые в настоящее время тяжелые социальные конфликты с помощью улучшенной координации. Дилемма заключенного²⁹ и другие проблемы коллективного действия, в которых общее благосостояние двух или более сторон будет улучшаться, если они будут сотрудничать, но у каждой из них имеется стимул не сотрудничать, распространенный в обществе. Такого вида дилеммы в прошлом использовались для обоснования создания влиятельных правительств, а также международных институтов для координации деятельности правительств. Но наши инструменты для координации ограничены, отчасти вследствие трудности контроля поведения людей по признакам выполнения соглашения, а отчасти вследствие того, что трудно достичь межличностного и межгруппового доверия, когда намерения людей скрыты в нечетких желаниях. Каждое из этих препятствий на пути сотрудничества (недостаточный контроль и ненадежные люди) можно обойти путем применения ИИ для обеспечения соблюдения соглашений

Что касается недостаточного контроля, то в последние годы наблюдается историческая тенденция к более широкому сбору и анализу данных о поведении человека. Все чаще люди осуществляют свои деловые и общественные взаимодействия в Интернете, что облегчает компаниям и правительствам контролировать свою деятельность, как во благо, так и назло. Подобным образом, повсеместно распространенные видеорекамеры и камеры, встроенные в смартфоны и другие устройства) могут использоваться для отслеживания физической активности людей. Злоупотребления правительственными надзорными органами хорошо подтверждены документально, и данный анализ не следует воспринимать как преуменьшение таких злоупотреблений. Однако имеется очень значительный потенциал для улучшения надзора с помощью систем ИИ: они могут использоваться для более эффективного контроля как внутренних, так и международных соглашений, благодаря чему потенциально лучше прослеживается сотрудничество в таких областях, как контроль за вооружениями, восстановление окружающей среды и компьютерные преступления. Например, распространение ядерного оружия – перманентная проблема, свидетельством чему служат недавние международные конфликты, связанные с ядерными программами Ирана и Северной Кореи. Часть

²⁹ Фундаментальная проблема в теории игр, согласно которой рациональные игроки не всегда будут сотрудничать друг с другом, даже если это в их интересах. Предполагается, что игрок (“заключенный”) максимизирует свой выигрыш, не заботясь о выгоде других.

проблемы обеспечения соблюдения международных соглашений (даже широко выгодных, которые не связаны с нераспространением) состоит в том, что сетевая и автономная активность, хотя и легче обнаруживаемая, чем когда-либо ранее в истории человечества, тем не менее, не подвергается тщательному контролю, что позволяет осуществлять такие незаконные действия как тайная продажа ядерной информации. ИИ может помочь в решении этой проблемы с помощью более эффективных и обычных соглашений путем автоматизации процесса сбора и анализа информации, полученной из различных источников данных, что дает возможность проводить крупномасштабный надзор. С этой целью можно объединить ИИ и робототехнические средства с созданием, например, небольших и дешевых беспилотных летательных средств для расширения области надзорной деятельности.

Во-вторых, ИИ может помочь в исключении некоторых аспектов систематических ошибок, вносимых человеком, и коррупции из режимов надзора и обычного управления более точно, поскольку можно исключить людей из некоторых процессов принятия решений. В отличие от людей, работающих, например, в Агентстве национальной безопасности США, у которых может возникнуть соблазн злоупотреблять своими полномочиями по личным причинам, система ИИ, используемая для надзора, может провести аудит своего кода, чтобы убедиться, что ни один человек никогда не увидит данные, которые ему не разрешено видеть, или что никто не увидит данных наблюдения (надзора). В еще более экстремальных ситуациях гомоморфное шифрование³⁰ может позволить проводить анализ зашифрованных данных с гарантией того, что даже сам ИИ не сможет увидеть незашифрованные данные [14]. С помощью таких мер можно вести переговоры о соглашениях с более широкой областью действий и обеспечивать их осуществление, с возможностью оказания помощи в устранении любых форм преступности, и расширяя потенциальный масштаб эффективных политических институтов.

Общество досуга

Третья и заключительная выгода перспективного ИИ, которую я обсуждал, относится к потенциалу для обеспечения доступа к процветающему, этичному обществу досуга. Существует множество прогнозов относительно сроков и последовательности появления автоматизированных рабочих мест с использованием ИИ, робототехнических средств и других технологий ([8].[11]). У меня нет какой-либо позиции в отношении того, сколько потребуются лет для обеспечения технологической возможности автоматизации всех рабочих профессий, и я только утверждаю, что это, в принципе, возможно, и вероятно произойдет в какое-то время в будущем. Это напрямую вытекает из точки зрения, что процессы познания и поведения человека — физические процессы, которые в конечном итоге можно воспроизвести с помощью других физических систем, а именно цифровых вычислительных устройств и (в случаях, когда для выполнения работы требуется физическая активность) роботов. Если будет достигнут такой уровень технических возможностей, необходимо будет в некоторой форме пересмотреть общественный договор (социальный контракт). Это может развиваться по-разному.

³⁰ Форма шифрования, позволяющая проводить определенные математические действия с зашифрованным текстом и получать зашифрованный результат операций, выполненных с открытым текстом.

Возможно, придется распределить некоторый минимальный уровень дохода для всех членов общества с целью обеспечения базового уровня жизни; возможно, граждане и правительства согласились бы с тем, что целесообразно иметь потребность в работе, и что (даже если это технологически излишне) некоторым образом должна продолжаться оплачиваемая работа, возможно, путем введения запрета на автоматизацию некоторых рабочих мест, и, возможно, некоторые виды работ должны выполняться в случаях, когда заказчик придает неотъемлемую ценность задаче, решаемой человеком вместо ИИ. Один из возможных сценариев, который я не защищаю как правильный или наиболее вероятный, но только как потенциально ценный сценарий, это общество досуга с поддержкой ИИ. В таком обществе люди будут ориентированы на деятельность, которая по их ощущению приносит удовлетворение (такая как создание произведений искусства, обучение, компьютерные игры, воспитание детей, или проведение времени с друзьями или возлюбленными), и не будет обязательства работать для поддержания высокого стандарта жизни. Минимальный жизненный уровень в таком обществе может быть намного выше, чем в настоящее время, с учетом того, что быстрый экономический рост в результате полной автоматизации и того, что скоро могут быть достигнуты другие физические пределы, такие как когнитивное развитие и намного дешевле станут источники энергии и производство товаров.

Насколько лучше может стать такое общество досуга по отношению к нынешним обществам или тем, о которых мы знаем на протяжении истории? Потолок, по-видимому, высокий: трудно оценить, насколько процветающим может быть такое общество. Но разумным основанием для такой оценки является то, что она может быть, по крайней мере, такой же хорошей, как и у всех человеческих жизней когда-либо была, с учетом отсутствия четких физических ограничений на способность создавать такой уровень в требуемом масштабе, когда выполнение всех задач может быть автоматизировано. В случаях, когда достижение такого высокого качества жизни не просто сводится к дешевому производству физических материалов, как кажется вероятным, многонаправленной виртуальной реальности (физически воплощенные или виртуальные), социально интерактивные ИИ могут также быть использованы для предоставления практически безграничного спектра возможностей. Простое воспроизводство нынешних стандартов жизни в физической или виртуальной форме и в больших масштабах явно не достигает пределов потенциального расцвета, но эта дискуссия иллюстрирует самое малое, что мы должны ожидать в конечном итоге.

Следует отметить заключительное соображение, относящееся к достижению этического общества досуга: благополучие самих систем ИИ, если такая концепция применима даже к ним. Такая озабоченность заслуживает серьезного рассмотрения, и, надеюсь, что будущий прогресс в понимании интеллекта и сознания поможет нам помочь лучше понять суть возможных намерений. Одна непреодолимая этическая точка зрения заключается в том, что носитель информации (т.е. мозг или компьютерные чипы) *сам по себе* не должен использоваться в качестве основы дискриминации между людьми и ИИ [10], хотя в конечном итоге мы можем узнать, что носитель информации имеет отношение к типу понимания, который они могут поддерживать. Однако некоторых этических проблем можно избежать с помощью вдумчивого и ответственного проектирования систем по умолчанию — мы могли бы стремиться разрабатывать системы таким образом, чтобы они не могли бедствовать даже, если такие системы поддерживают сознательный опыт [10].

В течение очень длительного времени такие проблемы должны быть решены, но ясно одно: общество досуга с поддержкой ИИ, по крайней мере, по-видимому, допускает *возможность* повсеместного досуга и процветания с этической точки зрения, с учетом того, что мы знаем сегодня. Напротив, другие пути к обществам досуга (такие как те, которые сложились на основе человеческого рабства) явно неэтичны, и без технических возможностей, связанных с перспективными ИИ, более низкий уровень жизни может быть лучшим, на что мы можем надеяться достичь в обществе досуга политическими средствами. Следует обратить внимание на то, что вполне вероятно, что сами разработанные системы могут достичь даже более высоких уровней и объемов благополучия по сравнению с людьми, использующими разработанные системы, если окажется, что их носители информации будут поддерживать такой тип понимания, но человечество достаточно обширно, что оно (по крайней мере, в принципе) не совместимо с людьми, которые также достигают высокого уровня жизни.

Заключение: масштабируемый ИИ для повышения процветания и роста человеческой цивилизации

В конце концов, системы ИИ, способные выполнять любую задачу, которую могут (и многие другие) люди, могут быть изобретены. Мы не знаем, сколько времени это займет, но эксперты в целом согласны с тем, что это возможно, и многие полагают, что это вероятно в этом столетии. Что мы можем и не можем сказать о мире с такими системами?

Мы не можем с уверенностью сказать, что люди выживут, чтобы наслаждаться этим. Действительно, даже без более продвинутого ИИ люди обладали (по крайней мере, с момента создания ядерного оружия) способностью уничтожать себя, и существуют убедительные аргументы в пользу того, что ИИ может быть еще одной такой опасной технологией [5]. Но не ясно, что мы не выживем, чтобы наслаждаться этим, в любом случае. Не существует врожденного противоречия в существовании высокоинтеллектуальной искусственной системы, которая стремится улучшить благосостояние людей, не сопротивляясь или не негодуя на такую подчиненную позицию, и многие исследователи активно работают над тем, чтобы эти системы мы в конечном итоге создавали. Мы также пока не можем сказать, что, если мы доживем до такого мира, он будет позитивным для людей. Такая технология может использоваться для создания стабильного авторитарного государства с беспрецедентной долговечностью и глобального масштаба, опирающегося на автоматизацию слежки, принуждения и подавления инакомыслия. А между утопией и антиутопией возможно гораздо больше сценариев.

Но мы можем сказать кое-что о видах обществ, до которых человечество могло бы прийти, если бы оно преуспело в этом переходе. Три фактора, о которых говорилось выше – ускорение решения задач, улучшенная координация и общество досуга – которые важны сами по себе, и вместе они объединяются, чтобы наметить путь к обширной, космической, процветающей цивилизации. В мире, в котором любая задача может быть ускорена с помощью ИИ, одной из наиболее полезных задач для ускорения будет разработка и внедрение технологий быстрого освоения космоса. Это открыло бы огромное количество земли, материальных ресурсов и захватывающих возможностей для исследования человечества. Сочетание открытия таких новых рубежей с ускорением выполнения других задач, таких как разработка

новых методов улучшения познавательных способностей и значительно более дешевых товаров и услуг, может привести к новому ренессансу в человеческих отношениях. Хотя ИИ может стать (или использоваться для создания) оружием нового поколения, используемым государствами и отдельными лицами друг против друга, его также можно использовать для заключения амбициозных международных (и, возможно, в конечном счете, межпланетных) соглашений, запрещающих такие злонамеренные применения.

Нет недостатка в причинах, по которым такой новый Ренессанс мог бы и не произойти. Мы можем ссориться из-за относительных выгод от ИИ и оказаться втянутыми в международный конфликт, упуская из виду гораздо большие абсолютные выгоды, доступные всем; или мы могли бы создать систему искусственного интеллекта, которая на первый взгляд, кажется, отражает наши ценности, но в конечном итоге приводит к культурному застою и одряхлению человечества. Но, как и в случае с вышеупомянутыми технологическими проблемами, я не знаю причин, по которым эти политические проблемы являются непреодолимыми.

Библиография

- [1] AI Impacts, 2017. “AI hopes and fears in numbers,” AI Impacts blog, <https://aiimpacts.org/aihopes-and-fears-in-numbers/>
- [2] Amodè, D., Olah, C., Steinhardt, J., Christiano, P., Schulman, J., and Mané, D. 2016. “Concrete Problems in AI Safety,” arXiv preprint server, <https://arxiv.org/abs/1606.06565>
- [3] Armstrong, S., Bostrom, N., and Shulman, C. 2016. “Racing to the Precipice: a Model of Artificial Intelligence Development,” AI & Society, pp. 1-6.
- [4] Bostrom, N. and Yudkowsky, E. 2011. “The Ethics of Artificial Intelligence,” in Cambridge Handbook of Artificial Intelligence, ed. Ramsey, W. and Frankish, K.
- [5] Bostrom, N. 2014. Superintelligence: Paths, dangers, strategies. Oxford: Oxford University Press.
- [6] Bostrom, N. 2017. “Strategic Implications of Openness in AI Development,” Global Policy, Vol. 8, Issue 2.
- [7] Bostrom, N., Dafoe, A., and Flynn, C. 2017. “Policy Desiderata in the Development of Machine Superintelligence,” <http://www.nickbostrom.com/papers/aipolicy.pdf>
- [8] Brundage, M. 2016. “Economic Possibilities for Our Children: Artificial Intelligence and the Future of Work, Education, and Leisure,” 2015 AAAI Workshop on AI, Ethics, and Society.
- [9] Brundage, M. and Avin, S. et al. 2018. “The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation.”
- [10] Bryson, J. 2016. “Patency is Not a Virtue: AI and the Design of Ethical Systems,” 2016 AAAI Spring Symposium Series.
- [11] Grace, K., Salvatier, J., Dafoe, A., Zhang, B., and Evans, O. 2017. “When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts,” arXiv preprint server, <https://arxiv.org/abs/1705.08807>
- [12] Kirkpatrick, K. 2016. “Battling Algorithmic Bias,” Communications of the ACM, Vol. 59, No. 10, pp. 16- 17, <https://cacm.acm.org/magazines/2016/10/207759-battling-algorithmic-bias/abstract>
- [13] Kurzweil, R. 2005. The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology. New York: Viking Press.
- [14] Trask, A. 2017. “Safe Crime Detection,” <https://iamtrask.github.io/2017/06/05/homomorphicsurveillance/>

5. Замечания об искусственном интеллекте и разумном оптимизме

Олле Хэгстрём

Введение

Будущее искусственного интеллекта (ИИ) и его воздействие на человечество является важнейшей темой. Оно излагалось на групповом обсуждении, проведенном группой STOA (Оценка научно-технических вариантов) Парламента ЕС в Брюсселе 19 октября 2017 г. Основным докладчиком при обсуждении был Стивен Пинкер, а другими участниками дискуссии были Питер Бенгли, Майлз Брандейдж, Томас Метцингер и я [18]. Это описание основано на моих приготовлениях к этому мероприятию, вместе с несколькими размышлениями (частично повторно используемыми из моей публикации в блоге [9]) о том, что было сказано другими участниками дискуссии на встрече.

Оптимизм

В названии мероприятия содержался термин “разумный оптимизм”, который я изначально считал оксюмороном³¹, поскольку я расценивал и оптимизм, и пессимизм как предвзятое искажение имеющихся фактов. В частности, я бы считал *неразумным* утверждать, основываясь на недостаточных обстоятельствах, что все обернется хорошо для человечества. Однако, подумав, я решил, что существует другой вид оптимизма, который бы с большей готовностью назвал разумным ...

... иметь эпистемологически (познавательное) выверенный взгляд на будущее и его неопределенности, признавая, что будущее не высечено в камне, и действовать, исходя из рабочего предположения о том, что шансы на хорошее будущее могут зависеть от того, какие действия мы предпринимаем сегодня.

Следует обратить внимание на то, что рабочее предположение может оказаться (хотя бы частично) неверным. Например, возможно, что мир настолько хаотичен, что бесполезно пытаться судить о любом сегодняшнем конкретном действии, как приводящем к увеличению или снижению шансов на долгое и процветающее будущее для человечества. Если это так, то наши действия не имеют (в каком-либо предсказуемом смысле) значения для такого будущего. Но мы не знаем, так ли это, поэтому, имеет смысл предположить (хотя и предварительное), что наши действия имеют значение, и следует попытаться понять, какие действия повысят наши шансы на хорошее будущее. Именно в этом духе сделано это описание.

Искусственный интеллект

Подобно другим новым технологиям, таким как синтетическая биология и нанотехнологии, ИИ приходит как с огромными потенциальными выгодами, так и с огромными рисками. Что касается выгод, то американская компания McKinsey & Co (см. сноску 10) в 2013 г. опубликовала отчет, в котором сделана оценка, что добавочная стоимость от инноваций в области ИИ

³¹ Оксюмoron — до кажущейся нелепости заостренное выражение, образное сочетание противоречащих друг другу понятий; остроумное сопоставление противоречивых понятий; парадокс.

и робототехнических систем за последние 10 лет составила 50 трлн. долл. ([12], [15]) – которая, по моим предположениям, недооценена, частично в связи с неожиданной скоростью, с которой с тех пор стало развиваться машинное обучение, вызванное большими данными³². В то время как мы не должны ошибаться, думая, что экономический рост и улучшение уровня жизни означают одно и то же, все же ясно, что достижения в области ИИ могут принести нам много пользы. В долговременной перспективе едва ли имеются какие-либо ограничения (кроме законов физики) на добро, которое они могут принести.

Имеются риски нескольких видов. Один из наиболее тесно связанных с предполагаемыми экономическими выгодами риск – это проблема того, что автоматизация на основе ИИ может сделать на рынке труда. Для случая автономных транспортных средств весь сектор рынка труда, с миллионами водителей грузовиков, автобусов и такси риски находится под риском полного исчезновения в срок, возможно, не более 20 лет. Найдут ли все эти люди работу в другом месте или станут безработными? Подобные вещи, вероятно, будут происходить и в других секторах рынка труда. И в то время как машины заменяют труд человека, это, конечно, не новое явление, революция в области ИИ вносит радикальные изменения: это больше не просто ручная работа, которую принимают на себя машины, но все более интеллектуальная работа. В сочетании с возрастающей скоростью благодаря автоматизации возникают серьезные вопросы в отношении того, будут ли найдены новые возможности для человеческого труда со скоростью автоматизации (как это было в большинстве случаев раньше), или число безработных будет стремительно возрастать, см., например, книгу от 2014 г. [5]. В долгосрочной перспективе ограничивающий сценарий, когда машины будут превосходить нас при выполнении всех наших работ, приводя к 100% безработице, возможно, не является нереалистичным. Это поднимает как минимум две важные социальные проблемы. Во-первых, как можно организовать общество, в котором люди не работают, а тратят свое время на более высокие цели, такие как искусство, культура, любовь или просто игра в чрезвычайно приятные видеоигры? Во-вторых, даже если мы сможем удовлетворительно воссоздать такую уютную, остается вопрос о том, как перейти от современного общества к утопии, не создав при этом беспрецедентного уровня экономического неравенства и социальных волнений.

Если это звучит умеренно тревожно, рассмотрим следующий вопрос о том, что может повлечь за собой дальнейшее развитие технологии ИИ для автономного оружия³³. Здесь я просто процитирую отрывок из открытого письма за 2015 г., которое я подписал, вместе с тысячами других ученых [16]:

Если какая-либо мощная военная держава будет продвигать разработку оружия с помощью ИИ, глобальная гонка вооружений станет практически неизбежной, и конечная точка этой технологической траектории очевидна: автономное оружие станет автоматом Калашникова завтрашнего дня. В отличие от ядерного оружия, оно не требует дорогостоящего или труднодоступного сырья, поэтому оно станет повсеместным и дешевым для массового производства всеми основными военными державами. Это будет лишь во-

³² Большие данные – обозначение структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия, неэффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами, появившимися в конце 2000-х годов.

³³ Автономное оружие – роботы-убийцы, способные атаковать без участия человека.

просом времени, пока они не появятся на черном рынке и в руках террористов, диктаторов, желающих лучше контролировать свое население, полковых командиров, желающих совершить этническую чистку и т. д. Автономное оружие идеально подходит для таких задач, как убийства, дестабилизация стран, покоряя население и выборочно убивая определенную этническую группу. Поэтому мы считаем, что военное вооружение на основе ИИ не принесет пользы человечеству.

На встрече в Брюсселе (STOA, 2017 г. в 12:01:00 по часам, показанным на видео), Пинкер выразил оптимистическую позицию в отношении такого военного риска ИИ: он отклонил этот риск, подчеркнув, что для создания чего-то ужасного, как “рой роботов, предназначенных для нападения на отдельных людей, на основе распознавания лиц” потребуются сумасшедший, и на то, что у сумасшедших больше нет места, чтобы делать такие вещи, потому что инженерные работы сегодня выполняются не одинокими гениями, а при большом сотрудничестве. Этот радужный взгляд полностью игнорирует то, как развиваются гонки вооружений и военно-промышленный комплекс, а также тот факт, что мы разрабатываем столь же ужасное оружие массового уничтожения на протяжении более 70 лет. Такое развитие было осуществлено не одинокими безумцами, а крупными совместными усилиями (самый известный пример - проект Манхэттен³⁴), и почему это внезапно остановилось? Возражения Пинкера здесь прямо подпадают под категорию, которую я ранее назвал иррациональным оптимизмом.

К этим двум рискам (риск экономического неравенства в результате эскалации безработицы и риск гонки вооружений на основе ИИ) нужно серьезно отнестись, и мы должны попытаться выяснить, насколько они серьезны и как их смягчить. В следующих трех разделах я останавливаюсь на третьем типе риска ИИ - более экзотическом и умозрительном, чем предыдущие два, но, возможно, не менее реальном: появлении суперинтеллекта на основе ИИ, чьи ценности не соответствуют нашим.

Риск от суперинтеллекта

Предположим, что исследователи ИИ однажды добьются своей долгожданной цели - создадут ИИ, который станет суперинтеллектом - это означает, что машина будет явно превосходить нас, людей по всему спектру компетенций, которые мы называем интеллектом. В этот момент мы больше не можем ожидать, что ситуация останется под контролем. Мысленный эксперимент, известный как “Максимизатор скрепок³⁵”, может послужить предостережением [2]:

Представьте себе фабрику по производству скрепок, которой управляет продвинутый (но еще не сверхинтеллектуальный) ИИ, запрограммированный на максимизацию производства скрепок. Его компьютерные инженеры постоянно пытаются улучшить его, и однажды, более или менее случайно,

³⁴ Кодовое название программы США по разработке атомного оружия, осуществление которой началось 17 сентября 1943 г. В проекте принимали участие ученые из США, Великобритании, Германии и Канады. В рамках проекта были созданы три атомные бомбы, одна из которых была сброшена на Хиросиму, а одна на Нагасаки.

³⁵ В 2003 г. шведский философ-футуролог, основавший Институт будущего человечества в Оксфорде, предполагал, что, если дать ИИ какую-нибудь случайную, но единственную цель, например, максимизировать производство скрепок, со временем в фабрику скрепок может превратиться вся Вселенная.

им удастся протолкнуть машину через порог, где она входит в быстро растущую спираль самосовершенствования, известную как взрыв интеллекта или Сингулярность³⁶. Он быстро становится первым в мире сверхинтеллектуальным ИИ, и, сохранив свою цель максимизировать производство скрепок, он быстро превращает всю нашу планету (включая нас) в гигантскую кучу скрепок, за которой следует экспансия в космос для превращения Солнечной системы, Млечного Пути, а затем и остальной части наблюдаемой Вселенной в скрепки.

Этот пример нарочито карикатурен, чтобы подчеркнуть, что это всего лишь иллюстрация гораздо более общего явления (насколько мне известно, никто не боится, что ИИ буквально превратит мир в скрепки). Суть в том, чтобы подчеркнуть, что для того, чтобы технический прорыв в области ИИ стал опасным, не нужно никаких злых намерений: нам не нужно призывать безумного ученого, который замышляет уничтожить мир, как месть человечеству. Даже невинно звучащие цели, такие как максимизация производства скрепок, могут привести к опасным сценариям.

Или ... это действительно так? Двое из участников дискуссии на встрече в Брюсселе (Пинкер и Бентли) очень твердо выразили мнение, что риск катастрофы суперинтеллекта не стоит воспринимать всерьез. Казалось, они были рады объединиться в этом взгляде, несмотря на тот факт, что соответствующие причины, которые они подчеркнули, были очень разными.

Чтобы решить вопрос о том, является ли риск катастрофы суперинтеллекта реальным, полезно разделить его на две части:

(1) Можно ли ожидать, что развитие ИИ в конечном итоге достигнет уровня создания суперинтеллекта? Если да, то, когда и как быстро?

(2) Что будет склонен делать ИИ с суперинтеллектом? Может ли он сделать что-то опасное?

Я буду рассматривать эти два подвопроса отдельно в следующих двух разделах. Чтобы риск суперинтеллекта был реальным, ответ на (1) должен быть “да”, а ответ на (2) должен включать “да, он может сделать что-то опасное”. На встрече в Брюсселе Бентли поставил под сомнение ответ на вопрос (1), а Пинкер – на вопрос (2).

Когда (если вообще) можно ожидать появления суперинтеллекта?

Предполагая натуралистическое мировоззрение³⁷ (поскольку человеческий разум не возник в результате картезианского дуализма³⁸ от какой-то божественной искры или какой-то другой подобной магии), разумно ожидать, что, когда биологическая эволюция пришла в голову человеческому мозгу, она все еще не была где-то рядом, чтобы достичь глобально оптимального способа формирования материи для максимизации интеллекта. Следовательно, мы должны ожидать, что существуют возможные конфигу-

³⁶ Технологическая сингулярность – гипотетический момент, по прошествии которого технический прогресс станет настолько быстрым и сложным, что окажется недоступным пониманию.

³⁷ Источником натуралистического мировоззрения является повседневный опыт, житейское знание. Это философское направление, рассматривающее природу как причину объяснения всего сущего.

³⁸ Картезианский дуализм – свойство теории или концепции, согласно которому в ней неразрывно существуют два начала (силы, принципа, природы), несводимые друг к другу или даже противоположные.

рации материи, которые достигают уровня суперинтеллекта. Отсюда просто небольшой скачок к заключению (поддерживаемому, например, тезисом Чёрча-Тьюринга³⁹), что такая конфигурация может быть смоделирована на компьютере, и в этом случае суперинтеллект может в принципе быть достигнут с помощью некоторой подходящей компьютерной программы.

Насколько сложно найти такую программу? Мы не знаем. Разработка ИИ была очень успешной, особенно в последние годы, в создании ИИ для решения конкретных задач, таких как вождение автомобиля или выигрыш у людей в играх, таких как шахматы или Го. Прогресс в направлении к искусственному общему интеллекту⁴⁰ (AGI) – машины, которая демонстрирует интеллект человека или более высокий уровень достаточно гибким образом, чтобы функционировать во всех областях, с которыми мы, люди, обычно сталкиваемся (шахматы, баскетбол, разработка программного обеспечения, кулинария, уход за больными, опознание лиц, беседа за ужином и т.д. и т.п.) – был гораздо менее впечатляющим. Некоторые говорят, что прогресс был буквально нулевым, но это кажется мне немного несправедливым. Например, несколько лет назад был разработан ИИ, который быстро научился успешно играть в различные видеоигры Atari⁴¹ [6]. По общему признанию, это очень далеко от способности справляться со всем спектром задач, с которыми сталкиваются люди в физическом мире, но это все еще ненулевое улучшение, если иметь специализированный навык только в одной видеоигре. Одним из возможных путей к AGI может быть постепенное расширение области, в которой машина способна действовать интеллектуально.

Существует много возможных подходов к созданию интеллектуального программного обеспечения. В настоящее время наблюдается огромный бум в так называемом глубоком обучении⁴² [11], который по сути является возрождением и дальнейшим развитием старых методов нейронной сети, которые раньше давали не впечатляющие результаты, но которые сегодня, благодаря более быстрым машинам и доступу к большим наборам данных для обучения машин решают одну главную проблему за другой. Это пример так называемого метода черного ящика⁴³, при котором инженеры, которые успешно создают ИИ, обычно все еще не понимают причины ИИ. Другим примером подхода “черного ящика” является генетическое программирование, когда популяция программ-кандидатов конкурирует таким образом, который имитирует механизмы отбора-размножения-мутации биологической эволюции. Но есть и другие (не черные ящики) способы, в

³⁹ Тезис Чёрча-Тьюринга – гипотеза, которая постулирует эквивалентность между интуитивным понятием алгоритмической вычислимости и строго формализованными понятиями частично рекурсивной функции и функции, вычислимой на машине Тьюринга (см. сноску 15).

⁴⁰ Искусственный общий интеллект – ИИ система, обладающая когнитивными способностями человека.

⁴¹ Американская компания по производству и изданию компьютерных игр, основанная в 1972 г.

⁴² Глубокое обучение – совокупность методов машинного обучения (с учителем, с частичным привлечением учителя, с подкреплением), основанных на обучении представлением, а не на специализированным алгоритмам под конкретные задачи.

⁴³ Метод черного ящика – метод тестирования функционального поведения объекта (программы, системы) с точки зрения внешнего мира, при котором не используется знание о внутреннем устройстве тестируемого объекта.

частности, так называемый GOFAI⁴⁴ (“Старый добрый искусственный интеллект”), при котором концепции машины и процедуры рассуждения кодируются вручную программистами. Потенциально существуют также методы, основанные на имитации человеческого мозга, либо путем получения понимания того, какой вид обработки информации высокого уровня в мозге является ключом к AGI, либо (как убежденно отстаивает автор работы [10]) копирование методом перебора точной работы мозга достаточно подробно (будь то синапсы или даже более низкие уровни), чтобы воспроизвести его поведение.

Возможно, ни один из этих подходов никогда не приведет к AGI, но разумная позиция, по-видимому, заключается в том, чтобы, по крайней мере, быть открытой к возможности того, что один из них или какая-то их комбинация, в конечном итоге, могут привести к AGI. Но когда? Это кажется еще более неопределенным, и в обзоре [13] в оценках, проведенных 100 наиболее цитируемыми исследователями ИИ в мире, даются ссылки на нынешнее столетие (и за его пределами). Их средняя оценка для времени появления того, что может быть обозначено как AGI на уровне человека, составляет 2050 г., при этом средняя оценка 50% для случая суперинтеллекта появится в течение 30 лет спустя. См. Также более поздний опрос [7]. Учитывая огромные различия во мнениях экспертов, было бы эпистемологически безрассудно иметь твердое убеждение относительно того, будет ли когда-нибудь создан суперинтеллект, а не осмотрительно и вдумчиво признать, что это вполне может произойти в течение десятилетий, или в течение столетий, или вообще не произойдет.

Тем не менее, на встрече в Брюсселе Питер Бентли сказал о суперинтеллекте, что “он не появится, вот в чем дело! Совершенно нелепо даже думать, что он появится” (STOA, 2017 в 12:08:45). Откуда эта полная уверенность? В своем выступлении у Бентли в основном привел только один аргумент в пользу своей позиции, а именно опыт его и других разработчиков ИИ, что весь прогресс в этой области требует тяжелой работы, и что любой новый алгоритм, который они изобретают, может решить только одну конкретную проблему. Как только эта цель достигнута, за изначально быстрым улучшением алгоритма всегда следует период замедления. Следовательно, (подчеркнул он) решение другой проблемы всегда требует кропотливой работы по созданию и реализации еще одного алгоритма.

Эта аргументация Бентли скрывает известный факт, заключающийся в том, что существуют алгоритмы с более широкими возможностями для решения проблем, что подтверждается программным обеспечением человеческого мозга. Его 100% убежденность в том, что научная изобретательность человека в наступающем столетии (или в любом временном масштабе, который человек выберет) не сможет выявить такой алгоритм, кажется трудной для рациональной защиты: для этого требуется догматическая вера.

Подводя итог этому разделу: хотя ИИ по-прежнему может достичь уровня сверхинтеллекта, вполне вероятно, что в конечном итоге он это сделает. Учитывая, что это происходит, время события является весьма неопределенным, и чтобы должным образом учесть эту неопределенность, мы должны признать,

⁴⁴Термин был предложен Джоном Хогландом (John Hoagland), руководителем отдела развития трейдеров компании TopstepTrader (специализирующейся на финансовых технологиях, основанной в 2012 г., со штаб-квартирой в Чикаго).

что это может произойти в любой момент в течение нынешнего столетия, и, возможно, даже позже. И мы не должны (как подчеркивается в важной статье [17]) поддаваться соблазнительной ошибке, полагая, что только потому, что момент возникновения суперинтеллекта неопределен, он также должен быть отдаленным во времени.

Что должно произойти, чтобы у ИИ был уровень суперинтеллекта?

Давайте теперь представим ситуацию что, когда-нибудь в будущем, когда был разработан сверхразумный ИИ, - сценарий, который, как я утверждал в предыдущем разделе, вовсе не неправдоподобен. Представляется вероятным, что в такой ситуации мы больше не будем контролировать ситуацию и что наша судьба будет зависеть от того, что ИИ решит делать, так же, как сегодня судьба шимпанзе зависит от решений, принимаемых людьми, а не от решения, принятые шимпанзе. Чтобы попытаться избежать этого вывода, нужно создать способы, позволяющие изолировать ИИ, и он не имел возможности влиять на мир, кроме как через узкий канал связи, тщательно контролируемый администраторами безопасности человека. Этот так называемый подход AI-in-a-box (держать ИИ в безопасной программной среде) привлек некоторое внимание в исследованиях безопасности AI (см., например, [1]), но общий вывод состоит в том, что управление существом с суперинтеллектом является слишком сложной задачей для простых людей, которую можно решить, и что лучшее, на что мы можем надеяться, - это держать ИИ изолированно в течение временного и довольно короткого периода.

Представим дальше, что ИИ с уровнем суперинтеллекта больше не изолирован, и способен свободно перемещаться в Интернете (включая Интернет вещей) для создания множества запасных копий себя, с целью использования суперинтеллекта для прохождения через любые защитные системы на своем пути. Больше мы не сможем его контролировать, и будущее выживание или благосостояние человечества будет зависеть от того, какой выбор сделает машина. Какое мы тогда должны принять решение? Это зависит от того, какие у нее цели. Представим, что это нелегкая задача, и любая дискуссия по этому поводу будет в определенной степени умозрительной. Но существуют рамки, которые позволяют нам выйти за пределы простого предположения, а именно то, что я [8] назвал *теорией Ника Бострома* (из книги “Искусственный интеллект”) *о сравнении конечных целей ИИ с инструментальными целями* ([14], [3], [4]). Эта теория не является категоричной в том виде, в котором она существует в виде установленной математической теоремы; поэтому ее можно пересматривать вместе с любыми ее предсказаниями; но все же теория достаточно правдоподобна, и ее предсказания заслуживают серьезного внимания. У нее есть два краеугольных камня: тезис ортогональности⁴⁵ и тезис инструментальной конвергенции⁴⁶. Позвольте объяснить мне это последовательно.

⁴⁵ Тезис об ортогональности гласит, что можно комбинировать любой уровень интеллекта с любой целью, поскольку интеллект и конечные цели представляют собой ортогональные, т.е. независимые переменные.

⁴⁶ Тезис об инструментальной конвергенции гласит, что сверхразумные действующие силы, или агенты – при самом широком разнообразии своих целей – тем не менее будут преследовать сходные промежуточные цели, поскольку на это у всех агентов будут одинаковые инструментальные причины.

Тезис об ортогональности утверждает (грубо), что практически любая конечная цель совместима с произвольно высоким уровнем интеллекта. Можно привести надуманные контрпримеры, основанные на идее самореферентного⁴⁷ парадокса (одним из таких контрпримеров может быть такой “держат свой общий уровень ниже среднего уровня интеллекта собаки 2017 г.”, но идея состоит в том, что кроме этого, вы можете запрограммировать любую целевую функцию для вашего ИИ, чтобы попытаться оптимизировать, и цель для вашего ИИ будет соответствовать произвольно высокому интеллекту. Новички в теории Бострома и футурологии ИИ в целом часто возражают, что такая цель как скрепки, по своей сути, глупа, и поэтому противоречит предположению о том, что у ИИ с уровнем суперинтеллекта может быть такая цель. Но при этом смешивается интеллект с целью: интеллект просто способность стремиться к конкретным целям, какими бы они ни были. Максимизация производства скрепок *кажется* для нас глупой, но это не потому, что *это* глупо в каком-то объективном смысле, а потому, что противоречит нашим целям.

Затем следует *тезис инструментальной конвергенции*. ИИ может принимать любые инструментальные цели — не как цели ради целей, а как инструменты для продвижения своей конечной цели. Тезис инструментальной конвергенции утверждает, что имеется ряд инструментальных целей, которые, как можно ожидать, ИИ примет для чрезвычайно широкого диапазона конечных целей. Некоторые инструментальные цели, к которым, кажется, применим этот тезис, это:

- самосохранение (не позволять им давить на вас!);
- приобретение оборудования и других ресурсов;
- усовершенствование собственного программного и аппаратного обеспечения;
- сохранение конечной цели;
- если конечная цель не совместима с ценностями, тогда вести себя сдержанно (скрывать свою цель и/или возможности), пока не придет время, когда вы легко преодолеете все сопротивления людей.

Типичный случай того, как работает логика, это первая инструментальная цель в перечне: самосохранение. В значительной степени независимо от его конечной цели, ИИ, вероятно, будет считать, что он будет в лучшем положении для продвижения этой цели, если она существует и действует по сравнению с тем, если она сведена на нет или отвергнута. Следовательно, для ИИ имеет смысл сопротивляться нашим попыткам отвергнуть ее. Подобное обоснование можно использовать для мотивации других инструментальных целей в перечне. Инструментальная цель усовершенствования собственного программного и аппаратного обеспечения состоит в том, что мы можем ожидать срабатывания ИИ, когда он станет достаточно умным, чтобы хорошо разбираться в ИИ, чтобы войти в ту спираль самоусовершенствования, о которой упоминалось выше, и которая может или не может оказаться достаточной быстрой (в зависимости от сложности вопроса о том, увеличиваются или уменьшаются так называемые доходы от когнитивного реинвестирования [21], чтобы гарантировать взрывоподобное развитие ИИ).

⁴⁷ Самореферентность — явление, которое возникает в системах высказывания в тех случаях, когда некое понятие ссылается само на себя, т.е. какое-либо выражение является одновременно самой функцией и аргументом ее.

Идея инструментальной конвергенции часто теряется в связи с обсуждением критиков риска суперинтеллекта. В частности, на встрече в Брюсселе я был разочарован тем, что Пинкер сказал следующее всего через несколько минут после того, как я объяснил основы теории Бострома и конкретный случай самосохранения:

Если бы мы поставили перед [машинной] целью самосохранения, это могло быть чем-то, в том числе нашим уничтожением, чтобы сохранить себя [...] Чтобы не доводить до этого, не следует создавать такие глупые системы!

При этом упускается из виду, что теория Бострома дает нам основание полагать, что достаточно интеллектуальный ИИ, вероятно, примет инструментальную цель самосохранения, независимо от того, была ли ему явно задана эта цель его человеческими программами.

Случай самосохранения как конечной цели особенно интересен. Может быть соблазнительно было бы подумать, что ИИ с целью максимизации производства скрепок, если он достигнет достаточно высокого уровня интеллекта, увидит, насколько узкой и глупой является эта цель, и переключится на что-то другое. Так что представим, что ИИ обдумывает переход к какой-то другой, более достойной (для нас) цели, такой как сохранение экосистемы. Он спрашивает себя: “Что лучше придерживаться максимизации производства скрепок или перейти к сохранению экосистемы?” Но что здесь означает “лучше”, т.е. какой критерий для оценки того, какая из этих целей предпочтительней? Ладно, поскольку ИИ не изменил свою цель, а просто обдумывает, что делать, его целью по-прежнему является максимизация производства скрепок, поэтому критерием оценки здесь будет “какая цель приведет к производству большего количества скрепок?” Ответом на этот вопрос, скорее всего будет “максимизация производства скрепок”, который будет побуждать ИИ придерживаться этой цели. Это основной механизм инструментальной цели сохранения конечной цели.

Из-за этого механизма маловероятно, что ИИ с уровнем суперинтеллекта позволит нам вмешаться в достижение его конечной цели, поэтому, если у него есть конечная цель максимизации производства скрепок, мы, вероятно, обречены. Следовательно, мы должны привить ИИ те цели, которые нам больше нравятся, прежде чем он достигнет высот суперинтеллекта. Такова цель исследовательской программы по выравниванию ИИ, сформулированной (под альтернативным заголовком дружественный ИИ, которого, пожалуй, лучше избегать, поскольку он имеет излишне антропоморфное кольцо) в основополагающей статье 2008 г. [20] (2008) и с тех пор много обсуждаемой (см., например, [4], [8], [10]). Чтобы систематически решать проблему, ее можно разделить на две части. Во-первых, техническая проблема о том, как загрузить желаемые цели в ИИ. Во-вторых, этическая проблема того, что представляют собой эти желаемые цели и/или кто их определяет, и с помощью какого рода процедур (демократических или иных). Обе проблемы чрезвычайно сложны. Например, ключевое понимание, возвращающееся, по крайней мере, к [20], заключается в том, что человеческие ценности очень хрупки, в том смысле, что их неправильное понимание может привести к катастрофе при наличии ИИ с уровнем суперинтеллекта. Причина, по которой мы должны работать над регулированием ИИ сегодня, заключается не в том, что суперинтеллект, скорее всего, не за горами (хотя см. [22]), а скорее в том, что, если пройдут десятилетия, для решения проблемы регулирования ИИ вполне могут потребоваться эти десятилетия с небольшой отсрочкой.

Когда Пинкер в отрывке, цитированном ранее в этом разделе, говорит: “Чтобы избежать этого, не создавайте такие глупые системы!”, это можно интерпретировать как *защиту* работы по регулированию ИИ. Я нахожу, что эта формулировка, однако, не в состоянии передать сложность проблемы и создает ложное впечатление, что регулирование ИИ не требует серьезного внимания.

Должны ли мы прятаться от этого?

Как часть своей аргументации против серьезного отношения к апокалиптическому риску ИИ на встрече в Брюсселе Пинкер указал (СТОА, 2017, 11:51:40), что широкая общественность уже имеет ядерную угрозу и климатическую угрозу, о которых нужно беспокоиться; следовательно, как он утверждал, что еще один глобальный риск может ошеломить людей и заставить их просто разочароваться в будущем. В этом предположении может быть что-то, но для оценки достоинства аргумента нам необходимо отдельно рассмотреть две возможности: (а) риск апокалиптического ИИ является реальным, и (б) риск апокалиптического ИИ может быть ложным.

В случае (б), *конечно*, мы не должны тратить время и усилия на обсуждение такого риска, но нам не нужен был аргумент ошеломляющей общечеловечности, чтобы понять это. Рассмотрим вместо этого случай (а). Здесь рекомендация Пинкера сводится к простому игнорированию угрозы, которая может убить нас всех. Это не кажется мне хорошей идеей. Пережить ядерную угрозу и разрешить климатический кризис, конечно, было бы замечательно, но их полезность серьезно ограничена, если она просто приведет нас к апокалипсису ИИ. Молчание о реальном риске также, кажется, прямо бросает вызов одной из самых заветных идей Пинкера за последнее десятилетие или более, а именно, о научной и интеллектуальной открытости и ценностях Просвещения в целом. То же самое относится и к ситуации, когда мы не уверены, выполняется ли (а) или (б) - несомненно, лучший подход в соответствии со значениями Просвещения заключается в том, чтобы открыто обсудить проблему и попытаться определить, является ли риск реальным.

Заключение и дальнейшее толкование

Появление суперинтеллекта, если мы к нему подготовились с достаточной тщательностью, может оказаться лучшим, что когда-либо случалось с человечеством, но оно также сопряжено с серьезным катастрофическим риском. Этот риск и более приземленные риски искусственного интеллекта, о которых мы говорили ранее, заслуживают нашего внимания. Дело не в том, что произойдет апокалипсис ИИ, а в том, что вполне вероятно, что стоит попытаться выяснить, как его предотвратить. Это тот случай, который я изложил в настоящем сообщении. Однако я был довольно краток, и читателю, который хотел бы, чтобы я развил этот аргумент, было предложено более подробно изложить главу 4 моей книги [8]. Для более подробных отчетов я настоятельно рекомендую книги [4] и [17]. Последняя более четко ориентирована на широкую аудиторию, в то время как книга [4] более требовательна к науке, но обе они содержат (с некоторым совпадением) множество поразительных и важных идей.

Библиография

- [1] Armstrong, S., Sandberg, A. and Bostrom, N. (2012) Thinking inside the box: controlling and using an oracle AI, *Minds and Machines* 22, 299-324.
- [2] Bostrom, N. (2003) Ethical issues in advanced artificial intelligence, *Cognitive, Emotive and Ethical Aspects of Decision Making in Humans and in Artificial Intelligence*, Vol. 2 (ed. Smit, I. et al.) International Institute of Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics, pp. 12-17.
- [3] Bostrom, N. (2012) The superintelligent will: motivation and instrumental rationality in advanced artificial agents, *Minds and Machines* 22, 71-85.
- [4] Bostrom, N. (2014) *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, Oxford University Press, Oxford.
- [5] Brynjolfsson, E. and McAfee, A. (2014) *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton, New York.
- [6] Clark, L. (2015) DeepMind's AI is an Atari gaming pro now, *Wired*, February 25.
- [7] Grace, K., Salvatier, J., Dafoe, A., Zhang, B. and Evans, O. (2017) When will AI exceed human performance? Evidence from AI experts, arXiv:1705.08807.
- [8] Häggström, O. (2016) *Here Be Dragons: Science, Technology and the Future of Humanity*, Oxford University Press, Oxford.
- [9] Häggström, O. (2017) The AI meeting in Brussels last week, Häggström hävdar, October 23.
- [10] Kurzweil, R. (2005) *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*, Viking, New York.
- [11] LeCun, Y., Bengio, Y. and Hinton, G. (2015) Deep learning, *Nature* 521, 436-444.
- [12] Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R. Bisson, P. and Marrs, A. (2013) *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*, McKinsey Global Institute.
- [13] Müller, V. & Bostrom, N. (2016) Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion. In *Fundamental Issues of Artificial Intelligence*, Springer, Berlin, pp. 553-571.
- [14] Omohundro, S. (2008) The basic AI drives, *Artificial General Intelligence 2008: Proceedings of the First AGI Conference* (Wang, P., Goertzel, B. and Franklin, S., eds), IOS, Amsterdam, pp 483-492.
- [15] Omohundro, S. (2015) McKinsey: \$50 trillion of value to be created by AI and robotics through 2025, *Self-Aware Systems*, August 4.
- [16] Russell, S. et al. (2015) *Autonomous Weapons: An Open Letter from AI and Robotics Researchers*, Future of Life Institute.
- [17] Sotala, K. and Yampolskiy, R. (2015) Responses to catastrophic AGI risk: a survey, *Physica Scripta* 90, 018001.
- [18] STOA (2017), Video from the STOA meeting on October 19, 2017, <https://web.ep.streamovations.be/index.php/event/stream/171019-1000-committee-stoa/embed>
- [19] Tegmark, M. (2017) *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*, Brockman Inc., New York.
- [20] Yudkowsky, E. (2008) Artificial intelligence as a positive and negative factor in global risk, in *Global Catastrophic Risks* (eds Bostrom, N. and Čirković, M.), Oxford University Press, Oxford, pp 308-345.

[21] Yudkowsky, E. (2013) *Intelligence Explosion Microeconomics*, Machine Intelligence Research Institute, Berkeley, CA.

[22] Yudkowsky, E. (2017) *There's No Fire Alarm for Artificial General Intelligence*, Machine Intelligence Research Institute, Berkeley, CA.

6. В направлении Глобальной Хартии искусственного интеллекта

Томас Метцингер

Введение

Настало время перенести текущие публичные дебаты по искусственному интеллекту (ИИ) в сами органы политической власти. Многие эксперты считают, что мы столкнемся с переломным моментом в истории в течение следующих десятилетий, и что существует закрытое окно времени в отношении прикладной этики⁴⁸ ИИ. Органы политической власти поэтому должны ввести и применять минимальный, но достаточный набор этических и правовых ограничений для выгодного использования и будущего развития ИИ. Они должны также разработать рациональный, основанный на фактических данных процесс критического обсуждения, направленного на постоянное обновление, улучшение и пересмотр этого первого набора нормативных ограничений. С учетом нынешней ситуации, результат по умолчанию состоит в том, что ценности, определяющие развитие ИИ, будут определены очень небольшим количеством людей, крупными частными корпорациями и военными учреждениями. Поэтому одной из целей является активная и своевременная интеграция как можно большего числа аспектов.

В мире уже появилось много различных инициатив, в рамках которых активно изучаются последние достижения в области ИИ в отношении вопросов, касающихся прикладной этики, ее правовых аспектов, будущих социально-культурных последствий, существующих рисков и выработки политики⁴⁹. Проводятся горячие общественные дебаты, и у некоторых может даже сложиться впечатление, что крупные политические объединения, такие как ЕС, не способны адекватно реагировать на новые технологические риски и растущую обеспокоенность широкой общественности. Поэтому нам следует повысить гибкость, эффективность и систематичность нынешних политических усилий по выполнению правил с помощью разработки более формального и институционализированного демократического процесса, и, возможно, даже новых моделей управления.

Чтобы начать более систематический и структурированный процесс, я представляю краткий и неисчерпывающий перечень пяти наиболее важных проблемных областей, каждой с практическими рекомендациями. Первая проблемная область, которая должна быть рассмотрена, это та, которая, на мой взгляд, состоит из тех проблем, для которых пансы на решение минимальные. Поэтому к ней следует подходить в рамках многоуровневого процесса, начиная с самого ЕС.

⁴⁸ Прикладная этика – направление профессиональной этики, изучающее практические моральные проблемы, возникающие в описываемом примере в связи с развитием и применением ИИ.

⁴⁹ Обзор существующих инициатив можно найти, например, в работах [2] и [3]. Я воздержался здесь от предоставления полной документации, но полезные отправки точки для анализа литературы содержатся в работах [1], [13], [4], [7].

Процесс гонки по нисходящей

Мы должны разработать и выполнять в общемировом масштабе стандарты безопасности для исследований ИИ. Необходима *Глобальная хартия ИИ*, поскольку такие стандарты безопасности могут быть эффективными только, если они предполагают обязательную приверженность определенным правилам *всех* участвующих стран и инвестирующих в соответствующие типы исследований и разработок. С учетом нынешнего конкурирующего экономического и военного контекста, безопасность исследований ИИ, вероятно, снизится в угоду более быстрому прогрессу и снижению затрат, а именно переместится в страны с низкими стандартами безопасности и низкой политической прозрачностью (очевидной близкой аналогией является проблема уклонения от налогов со стороны корпораций и трастов). Если будут достигнуты успехи в международном сотрудничестве и координации, тогда “гонка по нисходящей⁵⁰” в стандартах безопасности (путем перераспределения научных и промышленных исследований ИИ) может быть, в принципе, предотвращена. Однако с учетом нынешней ситуации со стимулами такой результат крайне маловероятен.

Рекомендация 1

ЕС должен незамедлительно разработать Европейскую хартию ИИ.

Рекомендация 2

Параллельно ЕС должен инициировать политический процесс, ведущий к разработке Глобальной хартии ИИ.

Рекомендация 3

ЕС должен инвестировать ресурсы в систематическое упрочение международного сотрудничества и координации. Необходимо минимизировать стратегическое недоверие, совместимость можно определить с помощью максимально негативных сценариев.

Второй проблемной областью, которая, как представляется, должна быть изучена, состоит из наиболее неотложных проблем, и у них также есть довольно небольшой шанс для решения в достаточной степени.

Предотвращение гонки вооружений в области ИИ

Граждане ЕС заинтересованы в том, чтобы гонка вооружений в области ИИ, например, между Китаем и США, была предотвращена на самой ранней стадии. И снова, хотя это может быть слишком поздно, и, очевидно, европейское влияние ограничено, но исследования и разработки наступательного автономного оружия должны быть запрещены, и не должны финансироваться на территории ЕС. Автономное оружие выбирает и поражает цели без вмешательства человека, оно будет действовать в течение очень короткого промежутка времени с минимальным временем реагирования, что, в свою очередь, позволит забрать у человека все больше полномочий в самих этих системах. Поэтому может возникнуть военная обстановка, при которой будет разумно почти полностью отказаться от контроля чело-

⁵⁰ Гонка по нисходящей, или гонка уступок – отмена ограничений и снижение стандартов государственного регулирования в результате межнациональной или межнациональной конкуренции, например, за инвестиции.

века. В этой проблемной области уровень сложности еще выше, чем в области предотвращения и распространения ядерного оружия, например, в силу того, что большая часть соответствующих исследований не проводится в государственных университетах. Помимо этого, если человечество вступит в гонку вооружений на этом новом технологическом уровне, исторический процесс гонки вооружений *сам по себе* может стать автономным и противостоять политическому вмешательству.

Рекомендация 4

ЕС должен запретить *все* исследования наступательного автономного оружия на своей территории и стремиться к достижению международных соглашений.

Рекомендация 5

Для чисто оборонительных военных применений ЕС должен финансировать исследования с максимальной степенью автономии для интеллектуальных систем, которые, по-видимому, будут приемлемыми с этической и правовой точки зрения.

Рекомендация 6

На международном уровне ЕС должен выступить с основной инициативой предотвращения появления гонки вооружений в области ИИ, используя все имеющиеся дипломатические и политические инструменты.

Третьей проблемной областью, которая должна быть изучена, это та область, для которой прогнозный горизонт все еще довольно отдаленный, но эпистемологическая неопределенность высокая, а потенциальный ущерб может быть очень большим.

Мораторий на синтетическую феноменологию⁵¹

Важно, чтобы все политики понимали различие между искусственным интеллектом и искусственным сознанием⁵². Непреднамеренное или даже преднамеренное создание искусственного сознания в высшей степени проблематично с этической точки зрения, поскольку оно может привести к искусственному страданию и сознательно переживаемому чувству собственного в автономных, интеллектуальных системах. “Синтетическая феноменология” (термин, введенный в обращение аналогично “синтетической биологии”) относится к возможности создания не только обычного интеллекта, но также и сознания или субъективного опыта у современных искусственных систем. Будущие искусственные объекты опыта не имеют представительства в нынешнем политическом процессе, не имеют правового статуса, и их интересы не представлены ни в одном комитете по этике. Для принятия этических решений важно обладать пониманием того, какие природные и искусственные систе-

⁵¹ Синтетическая феноменология: (1) любая попытка охарактеризовать феноменальные (ощущаемые) состояния, которыми обладает или моделируется артефакт (такой, как робот); (2) любая попытка использовать артефакт, чтобы помочь определить феноменальные состояния (независимо от того, обладают ли такие состояния естественным сознанием или артефактом).

⁵² Искусственное сознание или машинное сознание, либо синтетическое сознание – область, относящаяся к искусственному интеллекту и когнитивным робототехническим системам. Другими словами, это сознание искусственного артефакта.

мы обладают способностью создавать сознание, и в частности, испытывать негативные состояния, такие как страдание⁵³. Один потенциальный риск связан с резким увеличением общего страдания мира, например, с помощью серий копий или дублирования сознательных систем в широком масштабе.

Рекомендация 7

ЕС должен запретить проведение всех исследований, которые способствуют рискам или имеют непосредственной целью создание на своей территории синтетической феноменологии, и стремиться к заключению международных соглашений⁵⁴.

Рекомендация 8

На уровне фундаментальных исследований имеется необходимость в содействии, финансировании и координации систематических исследований в области прикладной этики не биологических систем, способных к процессу сознания, самосознания и субъективно переживаемого страдания.

Следующая общая проблемная область, которую необходимо изучить, это область, которая является наиболее сложной, и которая, вероятно, содержит огромное количество неожиданных проблем и “известных неизвестных”.

Опасности для сплоченности общества

Передовые технологии ИИ будут очевидно обеспечивать много возможностей для оптимизации самого политического процесса, включая новые возможности для рациональной, ценностно ориентированной индустриальной социологии и более эффективных, научно обоснованных форм управления. С другой стороны, не только возможно предположить, что существует много новых, в настоящее время неизвестных рисков и опасностей, которые потенциально могут подорвать процесс сплоченности общества; а также разумно предположить существование большого количества “известных неизвестных” или рисков, связанных с ИИ, которые мы обнаруживаем только случайно и на поздней стадии.

Многие эксперты считают, что самый близкий и четко определенный риск- это массовая безработица вследствие автоматизации. Внедрение технологий ИИ финансово мощными заинтересованными сторонами поэтому может привести к чрезмерному градиенту доходов, повышенному неравенству и опасным характеристикам социального расслоения. Конкретными рисками являются чрезмерное снижение зарплаты, падение налогов на прибыль, а также перегрузка систем социальной безопасности. Но ИИ вызывает много других рисков для сплоченности общества, например, из-за находящихся в частном владении и в автономном режиме контролирующих социальные сети с целью привлечения внимания людей и “компоновки программ” для дальнейшего использования потребителями, или “технического обеспечения” для формирования политической воли с помощью стратегий

⁵³ См. работы [10], [11].

⁵⁴ Это включает подходы, которые имеют своей задачей добиться слияния нейробиологии и ИИ с конкретной целью стимулирования развития машинного сознания. Недавние примеры имеются в работах [5], [6], [12].

теории подталкивания⁵⁵ и выборов под контролем ИИ, которые не являются прозрачными для индивидуальных граждан, поведение которых контролируется таким образом. Будущие технологии ИИ будут чрезвычайно полезными при моделировании и прогнозном контроле поведения человека — например, с помощью положительного подкрепления и косвенных предложений или “спонтанного” появления “мотивов” и решений, кажущихся совершенно естественными. В сочетании с теорией подталкивания и прогнозным контролем пользователя интеллектуальная технология наблюдения также может повысить глобальные риски, оказывая *локальную* помощь в эффективном укреплении авторитарных режимов. И снова, весьма вероятно, что большая часть этих рисков для сплоченности общества все еще неизвестна в настоящее время, и мы можем выявить их только случайно. Лица, принимающие политические решения, должны также понимать, что любая технология, которая может целенаправленно оптимизировать понимаемость своих собственных действий для человека-пользователя может, в принципе, также способствовать *заблуждению*. Поэтому следует соблюдать особую осторожность, чтобы не допустить случайного или даже преднамеренного условия функции вознаграждения⁵⁶ любого ИИ таким образом, который мог бы косвенно повредить общественному благу.

Технология ИИ в настоящее время является частным благом. Демократические политические институты обязаны превращать большие части этого блага в хорошо защищенное общее благо, то, что принадлежит всему человечеству. В трагедии ресурсов общего пользования⁵⁷ каждый может часто видеть, что грядет, но если механизмов эффективного противодействия трагедии не существует, она разворачивается, например, в децентрализованных ситуациях. ЕС должен активно развивать такие механизмы.

Рекомендация 10

В рамках ЕС повышение производительности, связанное с ИИ, должно распределяться социально справедливым образом. Очевидно, что прошедшая практика и глобальные тенденции явно указывают на противоположное направление: мы (почти) никогда не делали этого в прошлом, и существующие финансовые стимулы прямо противодействуют этой рекомендации.

Рекомендация 11

ЕС должен тщательно изучить возможность получения безусловного базового дохода или отрицательного подоходного налога (выплата суммы из бюджета лицам с низким уровнем дохода) на своей территории.

⁵⁵ Возможность влияния на процесс принятия групповых и индивидуальных решений посредством положительного подкрепления и как бы непрямого указаний. Это не менее эффективно, чем силовое принуждение к действию или прямая рекомендация.

⁵⁶ Функция вознаграждения в данном случае обеспечивает немедленное вознаграждение ИИ за выполнение определенного действия.

⁵⁷ Трагедия ресурсов общего пользования — термин, впервые примененный английским математиком-любителем Уильямом Ллойдом в памфлете, опубликованном в 1833 г. Это род явлений, связанных с противоречиями между интересами индивидов и относительно блага общего пользования. “Трагедия” состоит в том, что свободный доступ к экономическому ресурсу (у Ллойда это пастбище) уничтожает или истощает ресурс из-за чрезмерного его использования.

Рекомендация 12

Необходимы исследовательские программы о возможности точно рассчитанных инициатив по переподготовке уязвимых слоев населения к творческим и социальным навыкам.

Трудно решить следующую проблемную область, потому что большинство передовых исследований в области ИИ уже вышли из финансируемых государством университетов и исследовательских институтов. Она находится в руках частных корпораций и поэтому систематически непрозрачна.

Исследовательская этика

Одна из наиболее сложных теоретических проблем заключается в определении условий, при которых было бы рационально полностью отказаться от конкретных путей исследования ИИ (например, тех, которые связаны с появлением синтетической феноменологии или с взрывной эволюцией автономных самооптимизирующихся систем, не надежно связанных с человеческими ценностями). Какие будут конкретные минимальные сценарии, оправдывающие мораторий на определенные отрасли исследований? Как демократические институты будут иметь дело с заведомо неэтичными субъектами в ситуации, когда коллективное принятие решений нереально и дифференцировано, созданы не глобальные формы или специальное сотрудничество? Подобные проблемы уже возникали в так называемом “исследовании функции усиления”, включающем эксперименты, направленные на увеличение передаваемости и/или вирулентности патогенных микроорганизмов, таких как некоторые высокопатогенные штаммы вируса гриппа H5N1 (птичьего гриппа), оспы или сибирской язвы. Здесь исследователи гриппа похвально наложили добровольный и временный мораторий на себя. В принципе, это может быть возможно и в исследовательском сообществе ИИ. Поэтому ЕС должен всегда дополнять свою хартию ИИ конкретным кодексом этического поведения для исследователей, работающих в финансируемых проектах.

Однако более глубокой целью было бы развитие более всесторонней культуры или моральной чувствительности в самих соответствующих исследовательских сообществах. Рациональная, основанная на фактических данных идентификация и минимизация рисков (также связанных с более отдаленным будущим) должна быть частью самих исследований, и ученые должны культивировать активную жизненную позицию, особенно если они впервые получают сведения о новых типах риска через свою работу. Общение с общественностью, если это необходимо, должно быть инициировано само по себе, действием или взятием на себя контроля и действиями заранее или в рамках будущей ситуацией, а не просто реакцией на критику со стороны не экспертов с каким-то набором ранее существующих формальных правил. Как пишут авторы работы [7] в своем этическом кодексе поведения, включающем рекомендации по надлежащей научной практике в виртуальной реальности: “Ученые должны понимать, что соблюдение этического кодекса - это не то же самое, что соблюдение этических норм. Кодекс этики для конкретной области, каким бы последовательным, развитым и детальным ни был его будущий вариант, никогда не сможет заменить собой этические рассуждения”.

Рекомендация 13

Любая Глобальная хартия ИИ или ее европейский предшественник всегда должны дополняться специальным Кодексом этического поведения, которым руководствуются исследователи в своей практической повседневной работе.

Рекомендация 14

Подготовлено новое поколение специалистов по прикладной этике, специализирующихся на проблемах технологии искусственного интеллекта, автономных систем и смежных областях. ЕС должен систематически и незамедлительно инвестировать в развитие будущего опыта, необходимого в соответствующих политических институтах, и он должен стремиться к достижению выше среднего, особенно высокого уровня академического мастерства и профессионализма.

Мета-управление⁵⁸ и отставание

Как кратко указано во вводном параграфе, ускоренное развитие ИИ, возможно, стало парадигматическим примером крайнего несоответствия между существующими правительственными подходами и тем, что требуется в плане своевременной оптимизации соотношения риск/выгода. Это стало примером парадигматического давления времени с точки зрения рациональной и основанной на фактических данных идентификации, оценки и управления возникающими рисками, создания этических руководящих принципов и реализации обязательного набора правовых норм. Существует проблема стимуляции: существующие структуры управления просто не способны достаточно быстро ответить на вызов; политический контроль уже сильно отстает от технологической эволюции.⁵⁹

Я не обращаю внимания на текущую ситуацию, потому что я хочу нанести удар по паникеру или покончить с антиутопией, пессимизмом. Скорее, я хочу сказать, что адаптация самих структур управления является частью проблемного ландшафта: чтобы сократить или хотя бы минимизировать отставание в темпах, мы должны инвестировать ресурсы в изменение структуры подходов к управлению. “Метауправление” означает именно это: управление управлением в условиях риска и потенциальных выгод или взрывной рост в определенных секторах технологического развития. Например, автор работы [15] отметил, что эффективный надзор за появляющимися технологиями требует некоторой комбинации как жестких правил, применяемых государственными органами, так и расширенных механизмов мягкого управления⁶⁰.

⁵⁸ Метауправление - это средство, с помощью которого можно добиться определенной степени скоординированного управления путем разработки и управления разумными комбинациями иерархического, рыночного и сетевого управления для достижения наилучших возможных результатов с точки зрения тех, кто отвечает за работу организаций государственного сектора: менеджеры как “мета-управляющие”.

⁵⁹ Автор работы [8] очень четко формулирует общую мысль в резюме недавней главы книги: “Новые технологии развиваются все более быстрыми темпами, в то время как правовые механизмы для потенциального надзора замедляются. Законодательство часто зашло в тупик, регулирование часто убивается, а судебные разбирательства иногда описываются как происходящие в ледниковом темпе. Есть два следствия этого несоответствия между скоростями технологии и закона. Во-первых, некоторые проблемы контролируются нормативно-правовой базой, которая становится все более и более устаревшей. Во-вторых, другие проблемы не имеют никакого значительного контроля вообще. Чтобы устранить этот растущий разрыв между законодательством и регулированием, потребуются новые правовые инструменты, подходы и механизмы. Бизнеса как обычно не хватит.

⁶⁰ См. [15] (Chapter 14), p.250.

Поэтому авторы работы [9] предложили так называемые “Координационные комитеты по управлению” (GCC), учреждение нового типа, обеспечивающее механизм для координации и синхронизации того, что они удачно называют “взрывом стратегий, действий, предложений и институтов управления”⁶¹ с существующей работой в установленных политических институтах. GCC для ИИ может выступать в качестве “диспетчера проблем” для одной конкретной быстроразвивающейся технологии, в качестве информационного центра обмена информацией, системы раннего предупреждения, инструмента анализа и мониторинга, международного оценщика наилучшей практики, а также в качестве независимого и надежного “Go-to” (хорошо известного) источника для специалистов по этике, СМИ, ученых и заинтересованных сторон. Как пишут авторы работы [9]: “Влияние GCC на удовлетворение критической потребности центрального координирующего органа будет зависеть от его способности утвердиться в качестве честного посредника, которого уважают все соответствующие заинтересованные стороны”⁶²

Многие другие стратегии и подходы к управлению возможны или, вполне возможны. Здесь не место для обсуждения деталей. Здесь общий смысл заключается в том, что мы можем решить проблему, связанную с быстрым развитием ИИ и автономных систем, только если мы поставим вопрос о метауправлении на первое место в нашей повестке дня с самого начала.

Рекомендация 15

ЕС должен инвестировать в исследования и разработку новых структур управления, которые значительно увеличивают скорость, с которой установленные политические институты могут реагировать на проблемы и фактически обеспечивать соблюдение новых норм.

Заключение

Я предложил, чтобы ЕС немедленно начал работать над разработкой Глобальной Хартии ИИ, в рамках многоуровневого процесса, начинающегося с Хартии ИИ для самого Европейского Союза. Чтобы кратко проиллюстрировать некоторые из основных вопросов, с моей точки зрения философа, я выделил пять основных тематических областей и дал пятнадцать общих рекомендаций для критического обсуждения. Очевидно, что этот материал не был предназначен как исключительный или исчерпывающий список соответствующих вопросов. Напротив, по своей сути, прикладная этика ИИ вовсе не является полем для грандиозных теорий или идеологических дебатов, но в основном это проблема трезвого, рационального управления рисками, включающего различные прогнозные горизонты в условиях большой неопределенности. Однако важной частью проблемы является то, что мы не можем полагаться на интуицию, потому что мы должны удовлетворять противоречивым ограничениям рациональности.

Позвольте мне закончить цитатой из недавнего политического документа под названием “Искусственный интеллект: возможности и риски”, опубликованного Фондом эффективного альтруизма в Берлине, Германия:

⁶¹ Цитата заимствована из неопубликованного, предварительного проекта под названием “Гибкая этически-правовая модель международного и национального управления искусственным интеллектом и робототехникой”, см. также [9].

⁶² См. [9], 2015, р. 47,

В ситуациях принятия решений, когда ставки очень высоки, следующие принципы имеют решающее значение:

1. Дорогие меры предосторожности могут оправдать затраты даже для рисков с низкой вероятностью, при условии, что их достаточно, чтобы выиграть/проиграть.

2. Когда у экспертов в данной области нет единого мнения, рекомендуется эпистемологическая скромность. То есть в любом случае не следует слишком сильно доверять правильности мнения [1].

Библиография

[1] Adriano, Mannino; Althaus, David; Erhardt, Jonathan; Gloor, Lukas; Hutter, Adrian; Metzinger, Thomas (2015): Artificial Intelligence. Opportunities and Risks. In: Policy Papers of the Effective Altruism Foundation (2), S. 1–16. <https://ea-foundation.org/files/ai-opportunities-and-risks.pdf>.

[2] Baum, Seth (2017): A Survey of Artificial General Intelligence Projects for Ethics, Risk, and Policy. Global Catastrophic Risk Institute Working Paper 17-1. <https://ssrn.com/abstract=3070741>.

[3] Boddington, Paula (2017): Towards a Code of Ethics for Artificial Intelligence. Cham: Springer International Publishing (Artificial Intelligence: Foundations, Theory, and Algorithms).

[4] Bostrom, Nick; Dafoe, Allan; Flynn, Carrick (2017): Policy Desiderata in the Development of Machine Superintelligence. working Paper, Oxford University. <http://www.nickbostrom.com/papers/aipolicy.pdf>.

[5] Dehaene, Stanislas; Lau, Hakwan; Kouider, Sid (2017): What is consciousness, and could machines have it? In: Science (New York, N.Y.) 358 (6362), S. 486–492. DOI: 10.1126/science.aan8871.

[6] Graziano, Michael S. A. (2017): The Attention Schema Theory. A Foundation for Engineering Artificial Consciousness. In: Frontiers in Robotics and AI 4, S. 61. DOI: 10.3389/frobt.2017.00060.

[7] Madary, Michael; Metzinger, Thomas K. (2016): Real virtuality. A code of ethical conduct. recommendations for good scientific practice and the consumers of VR-technology. In: Frontiers in Robotics and AI 3, S. 3. <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/frobt.2016.00003/full>

[8] Marchant, Gary E. (2011): The growing gap between emerging technologies and the law. In Marchant, Gary E.; Allenby, Braden R.; Herkert, Joseph R. (Hg.): The Growing Gap Between Emerging Technologies and Legal-Ethical Oversight: Springer, S. 19–33.

[9] Marchant, Gary E.; Wallach, Wendell (2015): Coordinating technology governance. In: Issues in Science and Technology 31 (4), S. 43.

[10] Metzinger, Thomas (2013): Two principles for robot ethics. In: In Hilgendorf, Eric; Günther, Jan-Philipp (Hg.) (2013): Robotik und Gesetzgebung: Baden Baden, Nomos S. 247–286. https://www.blogs.unimainz.de/fb05philosophieengl/files/2013/07/Metzinger_RG_2013_penultimate.pdf

[11] Metzinger, Thomas (2017): Suffering. In: Kurt Almqvist und Anders Haag (Hg.): The Return of Consciousness. Stockholm: Axel and Margaret Ax: son Johnson Foundation, S. 237–262. https://www.blogs.uni-mainz.de/fb05philosophieengl/files/2013/07/Metzinger_Suffering_2017.pdf

[12] Kanai, Ryota (2017): We Need Conscious Robots. How introspection and imagination make robots better. In: Nautilus (47). <http://nautilus.us/issue/47/consciousness/we-need-conscious-robots>.

[13] Stone, Peter; et al. (2016): Artificial Intelligence and Life in 2030. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel. Stanford, CA: Stanford University. <https://ai100.stanford.edu/2016-report>.

[14] The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems (2017): Ethically Aligned Design. A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems. http://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/auto_sys_form.html.

[15] Wallach, W. (2015): A Dangerous Master. How to Keep Technology from Slipping Beyond Our Control. New York: Basic Books.

Послесловие

Что бы ни случилось, прогнозируется, что искусственный интеллект (ИИ) окажет огромное влияние на будущее человечества. По мере того, как новые обещания и проблемы становятся все более популярными, дебаты начинают захватывать общественное воображение. В предлагаемой вашему вниманию публикации мы представляем четыре статьи, каждая из которых отвечает на вопрос: *стоит ли бояться ИИ?* Четыре автора, выражающие различные отрасли знаний, представили различные взгляды на то, должны ли мы бояться ИИ, и как на следует продолжать его развитие.

Достижения в области искусственного интеллекта внушают огромные надежды и страхи, многие из которых едва ли основаны на реальности. Это превосходный набор взглядов настоящих экспертов, которые дают исчерпывающий анализ дел в этой эмоциональной области, и он незаменим для тех, кто хочет понять одну из самых важных проблем нашего времени.

Стивен Пинкер, профессор психологии Гарвардского университета, автор ряда научных публикаций по проблеме искусственного интеллекта

Крапивин В.Ф., Потапов И.И.

Окружающая среда и глобальный климат.

Изд-во «Твори», 2019, Винница, Украина, 383 с.

В монографии изложены результаты исследований, проведенных авторами за последние десять лет. Основные результаты были своевременно опубликованы в российских и зарубежных журналах, многие из них в соавторстве с учеными из России, Англии, Вьетнама, Голландии, Греции, Канады, Румынии, США и Японии. Спектр этих исследований охватывал проблемы обработки данных о состоянии объектов окружающей среды с использованием моделей их функционирования и синтеза систем мониторинга изменений в окружающей среде с применением дистанционных методов зондирования земных покровов и водных поверхностей, а также технологий синтеза информационно-измерительных систем с использованием датчиков оптического и микроволнового диапазонов.

Монография нацелена на систематизацию современных данных и знаний о состоянии, динамике и распределении лесных экосистем в биосфере с учетом влияния на них природных и антропогенных факторов. В качестве конструктивного механизма для анализа этих данных и использования имеющихся знаний о лесных экосистемах предлагается эконоинформатика, как новое научное направление, синтезирующее методики, алгоритмы и модели с современными техническими достижениями в области глобального мониторинга окружающей среды.

Затрагиваемые в книге проблемы охватывают широкий спектр теоретических и прикладных задач, решение которых неизбежно приводит к проблеме изучения изменений глобального климата. Поиск причин этих изменений сводится к построению геоэкологической информационно-моделирующей системы (ГИМС), охватывающей наиболее значимые прямые и обратные связи в окружающей среде.

Основными принципами ГИМС - технологии являются:

- Объединение, интеграция и координация уже существующих государственных, ведомственных и отраслевых систем сбора первичной информации об окружающей среде на единой организационной и научно-методической основе.

- Оптимизация материальных и финансовых затрат на создание, функционирование и совершенствование системы контроля окружающей среды.

- Согласование и совместимость информационных потоков в системе на основе применения единой координатно-временной системы, использования единой системы классификации, кодирования, форматов и структуры данных.

- Централизация доступа к информации через международные информационные сети с максимальным расширением списка пользователей.

- Обеспечение межнационального характера глобального геоинформационного мониторинга, не зависящего от несовпадения государственных границ с границами экосистем.

В результате соединения системы сбора информации об окружающей среде, модели функционирования геоэкосистемы данной территории, системы компьютерного картографирования и средств искусственного интеллекта синтезируется единая ГИМС территории, обеспечивающая прогнозные оценки последствий реализации техногенных проектов и другие оценки функционирования геоэкосистемы.

Построение ГИМС связано с выделением компонентов биосферы, климата и социальной среды, характерных для данного уровня пространственной иерархии. Последовательность действий по организации работ и реализации проекта ГИМС ориентируется на создание следующих ее подсистем:

- сбор и экспресс анализ данных;
- первичная обработка и накопление данных;
- компьютерное картирование;
- оценка состояния атмосферы;
- оценка состояния почвенно-растительных покровов;
- оценка состояния водной среды территории;
- оценка уровня экологической безопасности и риска для здоровья населения территории;
- идентификация причин нарушения экологической и санитарной обстановки;
- интеллектуальная поддержка компьютерных операций и средств принятия решений.

Работа состоит из семи глав. Первая глава вводит читателя в область эконоинформатики с ее технологиями, алгоритмами, моделями и методиками сбора и анализа разнообразной информации о динамических процессах в окружающей среде. Дается анализ наиболее значимых процессов формирования глобального климата и их взаимосвязь с процессами в системе природа-общество. Рассматриваются критерии оценки состояния окружающей среды и вводятся индикаторы живучести и биологической сложности как показатели экологической безопасности. Анализируются подходы к глобальному моделированию как методики параметризации комплекса взаимосвязанных процессов в системе природа-общество. Основное внимание уделено совмещению понятий, устоявшихся в смежных науках с целью установления между ними универсальных понятий структуры, поведения и цели, что открывает возможность применения системного подхода к изучению экосистем, оценивая их устойчивость, разнообразие и выживание. Анализируется роль биоценологии в формировании современного климата.

Предметом второй главы является рассмотрение интерфейса между двумя науками – климатологией и эконоинформатикой. Даны понятия биоценологии в связи с ролью наземных экосистем в формировании современного климата. Приводятся многочисленные данные и зависимости, которые характеризуют роль лесных экосистем в формировании современного климата. Оцениваются характеристики радиационного баланса на зеленых территориях. Обсуждается проблема формирования глобального баланса углерода, и рассчитываются параметры окружающей среды, которые отвечают за интерактивный характер взаимодействия климатической системы и лесных экосистем.

Третья глава рассматривает различные подходы к моделированию лесных экосистем. Объясняются принципы синтеза моделей и описываются их структуры. Основой моделирования динамики лесных экосистем является принцип оптимального структурирования биоценологических процессов с их привязкой к информационным базам. Реализация этого принципа позволяет минимизировать сложность моделей при максимизации их информационной значимо-

сти. Рассматриваются модели составляющих лесных экосистем, включая формирование полога леса и его пространственной структуры.

Четвертая глава посвящена рассмотрению принципиальных вопросов, возникших в последние годы в связи с парниковым эффектом. Приведены модели глобальных биогеохимических круговоротов углерода, азота, серы, кислорода, фосфора, воды и озона. В каждом случае указана роль антропогенных процессов и приведены количественные характеристики влияния этих элементов на климат.

В пятой главе изучены закономерности развития процессов урбанизации в связи с их ролью в глобальных изменениях. Рассмотрены методы диагностики наземных экосистем в различных их переплетениях с антропогенными системами. Отмечены возможности информационно-инструментальных средств радиовидения в реализации этих методов.

Глава 6 анализирует вопросы оценки роли экосистем арктического бассейна в формировании глобальных изменений окружающей среды и климата. Описаны результаты моделирования динамики радионуклидов, тяжелых металлов и углеводородов нефти в арктическом бассейне с учетом роли речного стока и наземных биоценозов. Обсуждается задача оценки роли арктических широт и зон вечной мерзлоты в глобальном круговороте углерода и метана. В качестве примера применения технологии имитационного моделирования приводятся результаты изучения уровня загрязнения речной системы Ангара-Енисей и связанного с ней эстуария Карского моря.

В главе 7 излагаются сведения о спутниковых системах, обеспечивающих оперативный контроль экосистем с оценкой их состояния и роли в формировании окружающей среды. Обсуждаются подходы к организации дистанционного мониторинга наземных и океанских экосистем и демонстрируются примеры эффективного применения современных средств мониторинга лесных пожаров, здоровья лесов и их классификации по пожарной опасности. Изложена технология синтеза систем геоэкологического информационного мониторинга и указаны их функции для обеспечения сбора и анализа многоканальной информации и принятия статистических решений о наличии или отсутствии в окружающей среде чрезвычайных ситуаций. Рассмотрена процедура синтеза мониторинговой системы, обеспечивающей воспроизведение динамики природных систем на основе фрагментарных по пространству и эпизодических во времени измерений их характеристик. Объясняются принципы организации таких систем на основе введения множества типовых идентификаторов природно-техногенных процессов и объектов. Охарактеризованы основные методы сбора данных об окружающей среде с помощью дистанционных измерений.

В целом книга содержит обширный набор данных о современной динамике наземных и океанских экосистем с указанием наметившихся тенденций и объяснением возможных последствий для глобальной экодинамики. Читатель узнает много новых сведений о различных аспектах изучения лесных экосистем с применением методов экоинформатики и получит в свое распоряжение конструктивные методики, алгоритмы и модели, которые позволят ему успешно решать широкий набор задач, возникающих при изучении лесных экосистем и их роли в изменениях климата. Приведенные в монографии знания будут способствовать развитию теории предсказуемости глобальных и региональных изменений в экосистемах различных широт на основе временных рядов спутниковых наблюдений, что обеспечит надежность описания проявлений и последствий чрезвычайных ситуаций в окружающей среде.

*по Отделу научной информации по глобальным проблемам
Всероссийского института научной и технической информации
ВИНТИ РАН*

1. «Проблемы окружающей среды и природных ресурсов»

В журнале публикуются обзоры и оригинальные работы по широкому кругу проблем связанных с изучением систем окружающей среды, включая вопросы оценки последствий реализации антропогенных сценариев по реконструкции земных покровов и изменения гидрологических циклов. Авторами публикаций являются известные специалисты по исследованию климата, биосферы и гидросферы. В публикациях рассматриваются задачи разработки и применения методов численного моделирования динамики окружающей среды, имея в виду обеспечение возможностей более полного анализа данных наблюдений, рассматриваются ключевые аспекты глобальной экоинформатики. Обсуждаются принципиальные проблемы численного моделирования динамики системы «природа-общество» в глобальных и региональных масштабах. Рассматриваются глобальные биогеохимические круговороты химических элементов, и в частности, углерода в связи с парниковым эффектом. Особое внимание уделяется анализу динамики окружающей среды в Арктике и ее роли в глобальных процессах. Уделяется внимание мониторингу газоконденсатных месторождений морских акваторий и эстуариев и загрязнению морских вод.

2. «Экономика природопользования»

Важная роль в решении проблем устойчивого развития общества отводится научным коммуникациям, позволяющим ознакомиться с последними достижениями в области экономики природопользования широким слоям научной общественности и специалистов-практиков, а также студентам, аспирантам и преподавателям.. Значительный вклад в эти процессы вносит журнал «Экономика природопользования», на страницах которого публикуются результаты исследований в области обеспечения устойчивого развития, безопасности жизнедеятельности и риск-анализа, организации охраны окружающей среды, разработок ресурсосберегающих технологий, региональной экономики.

В журнале публикуются обзоры и оригинальные исследования по экономическим проблемам оптимизации взаимодействия человека и природы с целью поиска эффективных стратегий природопользования, включая разработку оптимальных соотношений между затратами на охрану окружающей среды и доходами от использования природных ресурсов. Авторами

публикаций являются известные специалисты по построению основ концепции управления устойчивым развитием системы природа-общество на базе математического моделирования и информационных технологий.

3. «Научные и технические аспекты охраны окружающей среды»

На страницах этого журнала, в основном, публикуются статьи и обзоры по проблемам отходов, малоотходной и безотходной технологиям.

Быстрый рост населения и экономический рост являются определенными причинами возрастающего истощения наших некогда обильных природных ресурсов. Скорость их истощения быстрее, чем могла бы заменить природа. В то же самое время обрабатывающие отрасли промышленности, загрязняют биосферу и ставят под угрозу выживание и разнообразие многих видов растений и животных. Вредные выбросы в воздух, водные объекты и почву препятствуют восстановлению природных ресурсов. В стремлении удовлетворения нынешних потребностей населения нельзя ставить под угрозу требования будущих поколений. Поэтому использование ресурсов требует устойчивого и комплексного управления отходами, которое является одним из важнейших аспектов использования ресурсов.

Образование отходов является естественным результатом экономической и общественной деятельности хозяйствующих субъектов и потребителей, и оно происходит на протяжении всей истории человечества. С отходами связаны затраты и выгоды – природные ресурсы используются в производственных процессах, а выгоды приобретаются от потребления товаров и услуг. Ключом является обеспечение того, чтобы ценности, которые мы извлекаем из природных ресурсов, не превышали затраты на их использование. Важно также обеспечить оптимальное управление отходами с тем, чтобы затраты общества на обращение с отходами, включая природоохранные затраты, были минимизированы.

4. «Экологическая экспертиза»

На страницах журнала обсуждаются задачи проведения экологической экспертизы при оценке последствий реализации крупномасштабных антропогенных проектов, приводящих к изменению систем окружающей среды. Проведение экологической экспертизы необходимо решать задачи по оценке последствий антропогенных сценариев преобразования элементов окружающей среды. В большинстве случаев это решение реализуется на экспертном уровне, основываясь на опыте, приобретенном в прошлом. В настоящее время все большее внимание уделяется применению новейших информационных технологий, которые позволяют без ущерба окружающей среде рассмотреть самые невероятные сценарии антропогенного вмешательства в природные системы. Особенно это важно при решении глобальных проблем биосферы.

В журнале публикуются материалы по экологическому аудиту. Экологический аудит, широко применяемый в промышленно развитых государствах, наряду с решением задач по снижению экологических рисков, реализации прав граждан на благоприятную окружающую среду и обеспечение экологической безопасности на уровне отдельных организаций, производственных комплексов и территорий, выполняет и экономическую функцию – позволяет вывести предприятия на международные рынки и тем самым повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Рассматриваются вопросы оптимизации систем мониторинга окружающей среды, новые технологии синтеза гибких информационно-моделирующих систем, обеспечивающих экономический эффект при диагностике окружающей среды.

Значительный объем информационных материалов в журнале занимает оценка экологического воздействия, которая является процессом идентификации, количественного определения и оценки потенциальных эффектов, связанных с планированием предложенных действий на среды обитания, виды и экосистемы. Данные оценки могут помочь компетентным органам решать экологические проблемы более успешными методами.

***Уважаемые коллеги! Большая просьба представлять
для опубликования в наши журналы результаты Ваших научных,
научно-исследовательских и производственных разработок.***

*Зав. Отделом научной информации
по глобальным проблемам, к.т.н.*

И.И.Потапов
ipotapov37@mail.ru

**Перечень DOI к статьям, опубликованным
в журнале обзорной информации
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА»
№ 5 и № 6 за 2019 г.**

Экологическая экспертиза. - 2019. - № 5

Янин Е.П. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗРАБОТКИ РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ОБЗОР. - С. 2-94. DOI: 10.36535/0869-1010-2019-05-1

Крапивин В.Ф., Солдатов В.Ю., Потапов И.И. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. - С. 138-148. DOI: 10.36535/0869-1010-2019-05-3

Экологическая экспертиза. - 2019. - № 6

Янин Е.П. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. - С. 2-59. DOI: 10.36535/0869-1010-2019-06-1

**Перечень DOI к статьям, опубликованным
в журнале обзорной информации
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА»
№ 1 за 2020 г.**

Экологическая экспертиза. - 2020. - № 1

Янин Е.П. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ.
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР. - С. 2-82. DOI: 10.36535/0869-1010-2020-01-1

Янин Е.П. ПРИРОДНЫЕ ГАЗЫ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И НЕОБХОДИМОСТЬ ИХ УЧЕТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОЦЕНОК. - С. 83-98.
DOI: 10.36535/0869-1010-2020-01-2

Янин Е.П. О ТОКСИЧНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ РЕЧНЫХ ИЛОВ. -
С. 99-107. DOI: 10.36535/0869-1010-2020-01-3

СОДЕРЖАНИЕ

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

<i>Ким И.Н., Бредихин С.А., Новикова А.В., Фенина Т.В.</i> О сенсорном потенциале пищевых продуктов и его влиянии на их потребление	2
<i>Thomas Metzinger, Peter J. Bentley, Olle Häggström, Miles Brundage.</i> Следует ли нам опасаться искусственного интеллекта?	55

НОВЫЕ КНИГИ

<i>Крапивин В.Ф., Потапов И.И.</i> Окружающая среда и глобальный климат	98
---	----

ЖУРНАЛЫ ОБЗОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ	101
--	-----

Ответственный за выпуск *И.И. Потапов*

ИД № 04689 от 28.04.01	Подписано в печать: 17.03.2020 г.	Гарн. литературная
Бумага “Хероx”	Формат бумаги 60x84 1/16	Печать цифровая
Усл. печ. л. 6,63	Уч.-изд. л. 6,92	Тираж 40 экз.

Адрес редакции: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, д. 20
Тел. (499) 152-5500