



Козлов А.И.

*МГУ имени М.В.Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,
ул. Моховая д. 11, Москва, 125009, Россия*

КОНЦЕПЦИЯ АДАПТИВНЫХ ТИПОВ В СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Введение. Согласно предложенной около 50 лет назад концепции адаптивных типов [Алексеева, 1972, 1977], у представителей разных групп и рас в сходных условиях обитания независимо (конвергентно) складываются близкие адаптивные нормы морфофизиологических комплексов, обеспечивающие устойчивость в данной экологической среде. Сегодня эта концепция широко используется в антропологии и экологии человека, хотя ее важные прикладные и прогностические аспекты часто недооцениваются.

В обзоре рассматривается история становления и развития концепции адаптивных типов в контексте других взглядов на экологию человека, связь с современными научными взглядами и перспективы применения в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Результаты. За полвека своего существования, концепция адаптивных типов обогатилась и укрепилась в результате взаимодействия со смежными научными направлениями. Привлечение этнографических данных о характере жизнедеятельности и физических нагрузок, доступности и составе пищи в группах с разными вариантами традиционного природопользования показало важность комплексной оценки влияния природных и антропогенных факторов. Использование идей и методов популяционной и молекулярной генетики, биоинформатики и статистического анализа позволило дополнить фенотипические морфофункциональные показатели данными о специфике распределения генетических детерминант метаболизма в группах, адаптированных к разным экологическим условиям. Это позволяет рассматривать формирование адаптивных типов как микроэволюционный процесс, при котором среда обитания и адаптирующаяся к ней на биологическом и культурно-технологическом уровне популяция взаимно влияют друг на друга. Такой подход, основанный на позиции современной теории конструирования ниш, в частности, позволяет выделить адаптивный тип урбанизированной среды, характеризующийся специфическими для популяций мегаполисов параметрами адаптивной нормы морфо-физиологических, аутоэкологических, биохимических, эндокринных комплексов. Сравнение данных, полученных при исследованиях групп с разным уровнем модернизованности, показало, что повреждающее действие антропогенной среды снижается по мере того, как популяция входит в диапазон новой адаптивной нормы, отвечающей требованиям формирующейся урбанизированной ниши.

Заключение. Концепция адаптивных типов в её современной трактовке продуктивна при рассмотрении ряда фундаментальных и прикладных вопросов в области экологии человека, теоретической и эволюционной медицины, включая проблемы распространения метаболических нарушений.

Ключевые слова: экология человека; средовые воздействия; адаптация; антропологическая изменчивость

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-4-5

Введение

Около 50 лет назад оформилась концепция адаптивных типов [Алексеева, 1972, 1977], ставшая крупным системным и теоретическим вкладом отечественных исследователей в экологию человека.

В современной формулировке, суть концепции можно изложить следующим образом. Отбором поддерживаются варианты генетически детерминированной изменчивости фенотипа (т.е. биологической нормы реакции), обеспечивающие наиболее адекватный ответ на воздействие специфических для конкретной среды параметров. Этот диапазон варьирования можно определить как адаптивную норму. В сходных условиях обитания у представителей разных групп и рас независимо (конвергентно) складываются близкие адаптивные нормы морфофизиологических комплексов, обеспечивающие устойчивость в данных экологических условиях. Выделяемые на основе сходства таких комплексов группы популяций, получают название адаптивных типов.

Исследование панюкуменного распределения таких устойчивых вариантов позволило Т.И. Алексеевой описать несколько адаптивных типов, получивших названия тропического, аридного (пустынного), высокогорного, континентального, арктического, а также адаптивного типа умеренного климата [Алексеева, 1998]. При этом подчеркивалось, что адаптивные типы не являются экологически специализированными формами: они проявляются в виде тенденции к накоплению наиболее благоприятных для существования в определенной среде физиологических и морфологических черт и не препятствуют возможности существования в других экологических нишах.

Сегодня практически во всех учебниках и пособиях по антропологии и экологии человека концепция адаптивных типов излагается или, по меньшей мере, упоминается. При этом, однако, она чаще всего трактуется как схема, полезная для классификации экологического разнообразия человечества, тогда как важные прикладные и прогностические аспекты её часто недооцениваются.

Цель работы. В предлагаемом обзоре мы рассмотрим, какие научные взгляды и теории за прошедшие полвека повлияли на развитие концепции адаптивных типов, её связь с современными научными взглядами и перспективы применения в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Исследования в рамках идей и концепции адаптивных типов изначально были комплексными, объединяя как антропометрические, так и физиологические методы [Крупник, 1973; Алексеева, 1977; Чикишева, 1986; Гудкова, 2013]. При этом, в соответствии с уровнем теоретического развития и технических возможностей антропологии и популяционной биологии 1970-1980-х годов, получаемые материалы рассматривались как набор фенотипов – дискретных генетически обусловленных морфологических, физиологических, биохимических признаков [Тимофеев-Ресовский с соавт., 1977; Яблоков, 1980]. В тот же период, в 1980-х годах, в популяционной генетике складывалось представление о том, что морфологически средние для группы фенотипы могут отражать параметры адаптивной нормы – исторически сложившегося комплекса генотипов, обладающего оптимальным диапазоном фенотипической изменчивости и обеспечивающего максимальную приспособленность популяции к конкретным условиям среды [Алтухов, Курбатова, 1990]. Исследования адаптивной нормы во многом базировались на антропологических материалах, в частности, данных об изменчивости размерных характеристик новорожденных [Алтухов с соавт., 1979; Дуброва с соавт., 1991; Terrenato et al., 1981; Ulizzi, Terrenato, 1987]. Это впоследствии облегчило включение популяционно-генетических подходов в исследование адаптации человека к воздействию как природных, так и антропогенных факторов.

С течением времени методы популяционной, а с начала двухтысячных годов и молекулярной генетики стали всё активнее входить в арсенал антропозкологии. Первоначально область применения молекулярно-генетических данных сводилась к оценке частот аллелей с установленным или предполагаемым адаптивным эффектом по отношению к отдельным средовым факторам: температуре, уровню УФ-облучения, усвоению лимитирующих нутриентов и т.п. В качестве примера укажем лишь небольшую часть публикаций такого характера [Спицын, 2006; Боринская с соавт., 2009; Боровкова с соавт., 2010; Kozlov et al., 1998].

По мере накопления материалов и распространения методик биоинформатики и множественного анализа, стало возможным анализировать специфику генных комплексов, позволяющих на уровне генофонда закрепить адаптивный

ответ на воздействие определённых природно-экологических и антропогенных факторов среды. Такой подход реализован, в частности, на примере ряда локальных групп – шорцев, коми, ненцев, эвенков [Козлов, 2021; Козлов с соавт., 2022, 2024]. Эти работы показали, что в ходе экологической адаптации на протяжении даже сравнительно небольшого числа поколений в популяциях накапливаются малые, но статистически достоверные различия частот аллелей. С позиций эволюционной генетики это означает, что формирование адаптивных типов представляет собой микроэволюционный процесс, выражающийся как в конвергентно складывающемся в близких условиях сходстве генофондов антропологически неродственных популяций, так и в нарастании различий частот метаболизм-детерминирующих генотипов и аллелей в родственных группах при освоении ими разных биотопов и типов хозяйствования [Козлов, 2021].

Строго говоря, обнаружение различий между генофондами подтверждает лишь наличие межпопуляционного разнообразия, которое может быть обусловлено не ответом на влияние факторов среды (отбором), а генетико-автоматическими процессами, то есть дрейфом генов. Учитывая это, важно обратить внимание на развитие и применение в антропоэкологических исследованиях подходов, позволяющих оценить на уровне популяции реакции морфофизиологических показателей на давление стрессоров. Одним из таких методов является корреляционная адаптометрия – концепция, согласно теоретическому обоснованию которой повышение скоррелированности физиологических показателей свидетельствует о нарастании адаптационного напряжения популяции [Горбань с соавт., 1987; Абакумов, 1997; Шпитонков, 2017]. Рассмотрение в этом ключе динамики корреляционных связей размерных характеристик матерей и их новорожденных детей позволило оценить изменения уровня адаптированности группы на разных этапах долговременных (межпоколенных) изменений [Вершубская, Козлов, 2011]. Результаты позволили заключить, что чередование фаз секулярного тренда связано с адаптивным процессом и отражает реакцию популяции не на улучшение, а на любую смену условий (в самом широком смысле: от изменений климата до перехода к жизни из малого города в мегаполис или социально-экономических пертурбаций). Такое изменение морфофункциональных характеристик группы можно трактовать как происхо-

дящий под давлением отбора сдвиг зоны функционального оптимума. Изменение условий среды (как «улучшение», так и «ухудшение»), представляет собой «вызов», на который популяция должна ответить адаптивными изменениями. По достижении оптимального для данных средовых условий диапазона изменчивости размерных и физиологических показателей (адаптивной нормы), движущая форма отбора сменяется стабилизирующей.

Важные для антропоэкологии подходы к трактовке микроэволюционных процессов сложились в начале XXI века. Во второй половине прошлого столетия в эволюционной теории преобладали представления о том, что адаптивные изменения – результат действия отбора, то есть одностороннего ответа популяции на давление среды. Однако уже в 1970-х годах появились публикации, в которых указывалось, что в ходе своей приспособительной деятельности организмы неизбежно влияют на среду обитания, модифицируя таким образом своё окружение [Камшилов, 1974]. В начале XXI века вполне оформились и получили распространение взгляды, согласно которым экологическая адаптация – процесс двусторонний, действующий по принципу обратной связи. Авторы получившей известность концепции конструирования (формирования) ниш кратко описали адаптацию как процесс, при котором организмы посредством своего метаболизма, своей деятельности и своего выбора изменяют свои собственные и/или чужие ниши [Odling-Smee et al., 2003]. При этом не только модифицируются параметры среды, но и меняются векторы давления отбора, поскольку популяция вынуждена адаптироваться к новым, складывающимся в результате её собственной приспособительной деятельности вызовам [Laland et al., 2016]. Это особенно ярко проявляется в популяциях человека, в которых конструирование ниш стимулируется за счёт активации обратных связей в результате коэволюции генов и культуры [Durham, 1991; O'Brien, Bentley, 2021].

Среди наиболее изученных проявлений генно-культурной коэволюции – последствия одомашнивания молочного скота, которое привело не только к изменению уклада жизни и питания многих групп населения, но и к уникальной среде млекопитающих смене давления отбора у *H. sapiens* в пользу аллеля T гена лактазы *LCT*, детерминирующего стабильную на протяжении жизни продукцию фермента [Kozlov, Lisitsyn, 2000;

Gerbault et al., 2011]. Другой пример – смена направления отбора в пользу генетических регуляторов повышенного синтеза саливарной и панкреатической амилаз (увеличения числа копий генов *AMY1* и *AMY2A*) в популяциях, освоивших земледелие и перешедших к потреблению пищи с высоким содержанием крахмала [Козлов, Никитин, 2022; Perry et al., 2007; Inchley et al., 2016].

Применение рассмотренных выше методов и подходов в исследованиях сотрудников лаборатории антропоэкологии НИИ и Музея антропологии МГУ показало, что концепция адаптивных типов хорошо сочетается с современными положениями популяционной и эволюционной генетики, популяционной физиологии и эволюционной теории, которые дополняют и укрепляют её позиции.

*Антропогенная и урбанизированная среда
как экологическая ниша*

До начала нынешнего столетия большинство исследований в области экологии человека было посвящено рассмотрению адаптивных комплексов, формировавшихся под влиянием природных факторов среды обитания. Однако уже в первой своей монографии по рассматриваемой теме Т.И. Алексеева указала, что «одним из возможных направлений дальнейшего изучения взаимодействия человеческих популяций со средой представляется соотнесение адаптивного типа как нормы биологической реакции на среду обитания с хозяйственно-культурным типом как нормой социальной реакции» [Алексеева, 1977, с.251].

По мере развития этого направления и привлечения массивов этнографических, нутрициологических и генетических данных, в представляющих различные адаптивные типы популяциях была показана связь между обусловленным спецификой жизнедеятельности характером питания, типом метаболизма и устойчивыми особенностями генофонда. Некоторые работы в этом направлении демонстрировали только общие контуры подобных закономерностей [Боринская с соавт., 2009; Козлов, Никитин, 2022; Kozlov, Lisitsyn, 2000]. Однако ряд подтверждений был получен на примерах локальных популяций, представляющих адаптивные типы умеренного климата и арктической зоны и при этом различающихся по традиционным вариантам природопользования и питания: коми-пермяков,

коми, шорцев, коми-ижемцев, ненцев [Козлов, 2021; Козлов с соавт., 2022].

Данные о сочетанном вкладе природно-экологических и антропогенных факторов в формирование адаптивных комплексов накапливались преимущественно в ходе исследований групп с традиционным (доиндустриальным) или близким к традиционному образом жизни. Это естественно, поскольку такое население находится в относительно стабильной среде с меньшим числом влияющих на изменчивость группы составляющих, что облегчает исследователю работу с полученным массивом данных.

Но индустриальная деятельность человека приводит к масштабным трансформациям среды, требующим не меньшего адаптационного напряжения, чем приспособление к воздействию природных факторов. Соответственно, встаёт вопрос о правомерности применения понятия «адаптивный тип» к комплексу признаков городского населения.

По этому поводу существуют разные точки зрения.

В последней своей публикации, посвящённой концепции адаптивных типов, Т.И. Алексеева заключила, что, хотя городские популяции и находятся под давлением отбора со стороны комплекса факторов урбанизированной среды, этого недостаточно для выделения специфического адаптивного типа [Алексеева, 1998].

Однако, учитывая накопленную за последние годы информацию и развитие теоретической базы, в первую очередь методологическую близость концепций адаптивных типов и формирования (конструирования) ниш, мы считаем, что в наши дни выделение урбанистического адаптивного типа обоснованно и перспективно.

Явные экологические отличия выявляются между мегаполисами и агломерациями с одной стороны, и поселениями, относящимися к средним и малым городам и сельским населённым пунктам, с другой. Значение имеет не столько численность населения в том или ином поселении, сколько продуцируемый и аккумулируемый в пределах территории комплекс факторов, влияющих на человека. Антропогенная среда современных мегаполисов, вне зависимости от их географической локализации, обладает схожими чертами, отличаясь от территорий, лежащих вне городских агломераций, характеристиками микроклимата, плотностью населения, генетико-

демографическими и медико-санитарными показателями, уровнем физических нагрузок жителей, характером их питания.

Трактовка антропогенной среды как новой формирующейся и трансформирующейся ниши, приспособление к которой ведёт к образованию специфического адаптивного типа, позволяет пролить свет на ряд вопросов фундаментального и прикладного характера.

«Болезни цивилизации» и смена давления отбора в новой экологической нише

В качестве примера важности для теоретической и прикладной медицины подходов, интегрирующих теоретические положения концепций адаптивных типов и формирования ниш, рассмотрим проблему распространения заболеваний, условно обозначаемых как «болезни цивилизации». Под ними понимаются характерные для современного «модернизированного» мира формы неинфекционной патологии, преимущественно дисметаболического характера.

Согласно современным представлениям, межгрупповые различия в потерях от сердечно-сосудистых заболеваний, ожирения, инсулиннезависимого диабета 2 типа, метаболического синдрома обусловлены комплексным влиянием как небиологических антропогенных факторов (в значительной мере обусловленных влиянием урбанизации), так и биологической спецификой популяций, включая исторически сложившиеся особенности генофондов [Bennet et al., 2007; Kurian, Cardarelli, 2007].

Эти взгляды подтверждают уже давно высказанные предположения о том, что для некоторых генотипов урбанизированная среда может оказаться достаточно жёсткой, а генетические варианты, нейтральные или адаптивные в одних условиях, могут оказаться неадаптивными в других [Алтухов, Курбатова, 1990]. Ряд таких ситуаций рассматривается специалистами в области эволюционной медицины в рамках гипотезы «экономного генотипа», предложенной Джеймсом Нилом [Neel, 1999].

Поскольку достаточно детально гипотеза Дж. Нила и её современное состояние были рассмотрены ранее [Козлов с соавт., 2023], сейчас напомним только основные положения. При периодически возникавшей острой или хронической нехватке пищи преимущество получали «экономные» («thrifty») генотипы, позволявшие делать запасы энергии в виде гликогена или жировой

ткани и использовать её в периоды гипокалорийных стрессов. Это повышало шансы на выживание и репродуктивный успех, в результате чего концентрация «экономных» аллелей в генофонде популяции нарастала. Однако в современных условиях стабильной доступности пищи накапливаемый запас гликогена и жировой ткани у носителей «экономного генотипа» не используется, что ведёт к нарушению гомеостаза состава тела и энергетического баланса организма.

Гипотеза «экономного генотипа» позволила с эволюционных позиций рассматривать причины современной эпидемии метаболических нарушений. Первоначально в группу «экономных» включали небольшое число генов-регуляторов углеводного обмена, но в конце 1990-х годов в качестве таковых рассматривался уже целый ряд детерминант различных этапов метаболизма углеводов и липидов [Joffe, Zimmet, 1998; Sharma, 1998; Corbo, Scacchi, 1999], а позже – энергетического обмена в целом [Southam et al., 2009]. Сегодня гипотеза Дж. Нила [Neel, 1999] является важным элементом фундаментальной концепции эволюционной медицины [Johnson et al., 2022; Wu, Xu, 2023].

Все современные модификации гипотезы «экономных генотипов» [Hales, Barker, 2001; Speakman, 2008; Johnson et al., 2022; Wu, Xu, 2023] сходятся в том, что распространение метаболических нарушений связано с формированием новых условий обитания [Козлов с соавт., 2023]. Конструируемая человеком урбанизированная среда становится новой нишей, в которой сложившиеся в предыдущих поколениях морфофизиологические комплексы теряют своё адаптивное значение и повышают риск развития заболевания.

Особенно ярко это проявляется в находящихся на «модернизационном переломе» группах коренного населения удалённых регионов с высокой долей носителей «экономных генотипов» [Козлов, 2014; Козлов, Никитин, 2022; McElroy, Townsend, 2015]. При этом, как показывают исследования в самых разных группах населения, выход из ситуации повышенного риска обеспечивается как изменением образа жизни, питания, уровня физических нагрузок и т.д. [Бондарева с соавт., 2019; Bernstein et al., 2002], так и микроэволюционными процессами на уровне генофонда – нарастанием носительства аллелей, не относящихся к группе «экономных» [Козлов с соавт., 2023] и формированием новых параметров адаптивной нормы [Ulizzi, Terrenato, 1987]. Другими словами, повреждающее действие антропо-

генной среды снижается по мере того, как популяция входит в параметры новой адаптивной нормы, отвечающей требованиям формирующейся урбанизированной ниши [Козлов, 2014].

Заключение

За полвека своего существования, концепция адаптивных типов обогатилась и укрепилась в результате применения методик и методологий смежных научных направлений – этнологии, популяционной и молекулярной генетики, биоинформатики, статистического анализа, эволюционной биологии. Синтез взглядов и идей позволил рассматривать формирование адаптивных типов как микроэволюционный процесс, при котором среда обитания и адаптирующаяся к ней на биологическом и культурно-технологическом уровне популяция взаимно влияют друг на друга. Под воздействием мощных антропогенных факторов происходит формирование адаптивного типа урбанизированной среды со специфичными для неё параметрами адаптивной нормы морфофизиологических, аукологических, биохимических, эндокринных комплексов.

Применение положений концепции адаптивных типов расширяет перспективы исследований в различных областях, из которых прежде всего следует отметить экологию человека, теоретическую и эволюционную медицину.

Благодарности

Работа выполнена в рамках НИР «Антропология евразийских популяций (биологические аспекты)».

Библиография

Абакумов А.И. Моделирование адаптивных механизмов в биологических сообществах // Дальневосточный математический сборник, 1997. №3. С. 96–102.

Алексеева Т.И. Биологические аспекты изучения адаптации у человека // Антропология 70-х годов. М., 1972. С. 103–128.

Алексеева Т.И. Географическая среда и биология человека. М.: Мысль. 1977. 302 с.

Алексеева Т.И. Адаптация человека в различных экологических нишах Земли (биологические аспекты). М.: Изд-во МНЭПУ. 1998. 279 с.

Алтухов Ю.П., Ботвиньев О.К., Курбатова О.Л. Популяционно-генетический подход к проблеме неспецифической биологической устойчивости человеческого организма. Сообщение 1. Постановка проблемы и обоснование подхода. Параметры распределений антропометрических признаков новорожденных и грудных детей в норме и при патологии // Генетика, 1979. Т. 15. № 2. С. 352–360.

Алтухов Ю.П., Курбатова О.Л. Проблема адаптивной нормы в популяциях человека // Генетика, 1990. Т. 26. № 4. С. 583–598.

Бондарева Э.А., Задорожная Л.В., Хомякова И.А. T/A-полиморфизм гена FTO и образ жизни ассоциированы с накоплением жира в разных возрастных группах мужчин // Ожирение и метаболизм, 2019. Т.16. №2. С.49–53. DOI: 10.14341/omet9798.

Боринская С.А., Козлов А.И., Янковский Н.К. Гены, народы и традиции питания // Этнографическое обозрение, 2009. № 3. С. 117–137.

Боровкова Н.П., Шереметьева В.А., Евсюков А.Н., Спицын В.А. Закономерности распределения аллелей апополипротеина Е (APOE) среди мирового народонаселения // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2010. № 2. С. 21–35.

Вершубская Г.Г., Козлов А.И. Долговременные изменения размеров тела новорожденных и их матерей в Сибири и на Европейском Севере РФ // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2011. № 2 (15). С. 142–151.

Горбань А.Н., Манчук В.Е., Петушкова Е.В. Динамика корреляций между физиологическими параметрами и эколого-эволюционный принцип полифакторности // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Т. 10. Л.: Гидрометеоздат, 1987. С. 187–198.

Гудкова Л.К. Физиологическая антропология // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2013. № 1. С.52–61.

Дуброва Ю.Е., Дамбуева И.К., Прохоровская В.Д., Холод О.Н. Изучение изменчивости совокупности антропометрических признаков у нормальных новорожденных // Генетика, 1991. Т. 27. № 11. С. 2013–2019.

Камшилов М.М. Эволюция биосферы. М.: Наука. 1974. 254 с.

Козлов А.И. Изменение генофонда северных популяций: «закат этносов» или формирование новой адаптивной группы? // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2014. № 3 (26). С. 99–107.

Козлов А.И. Формирование адаптивных типов как микроэволюционный процесс // Вестник Московского университета. Серия XXIII, Антропология, 2021. № 3. С. 72–82. DOI: 10.32521/2074-8132.2021.3.072-082.

Козлов А.И., Вершубская Г.Г., Малярчук Б.А., Литвинов А.Н., Балановская Е.В. Генетические детерминанты углеводного обмена: внутри- и межэтническая вариабельность лактазы LCT, трегалазы TREN и сахаразы-изомальтазы SI у эвенков и других коренных народов Сибири // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2024. № 2. С. 73–84. DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-2-6.

Козлов А.И., Гасанов Е.В., Парфентьева О.И. Современные трактовки эволюционных и антропоэкологических аспектов гипотезы «экономного генотипа». Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2023. № 4. С. 47–57 // DOI: 10.32521/2074-8132.2023.4.047-057.

Козлов А.И., Лавряшина М.Б., Вершубская Г.Г., Балановская Е.В. Своеобразие субэтнических групп ненцев по генетическим детерминантам метаболизма сахарозы, трегалозы и лактозы // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2022. № 3. С. 63–71. DOI: 10.32521/2074-8132.2022.3.063-071.

Козлов А.И., Никитин И.А. Мучные и крахмалосодержащие продукты в питании коренного населения высокоширотных и арктических регионов России –

традиции и современность // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2022. № 4 (59). С. 209–218. DOI: 10.20874/2071-0437-2022-59-4-18.

Крупник И.И. Антропологические признаки и особенности климатической адаптации (на материале Высокой Африки) // Расы и народы, М.: Наука, 1973. С. 67–88.

Спицын В.А. Факторы окружающей среды и генетическое разнообразие человека (эколого-генетический экскурс) // Как человек заселил планету Земля. М., 2006. С. 284–315.

Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука. 1977. 301 с.

Чикишева Т.А. Опыт оценки связей антропологических признаков со средовыми факторами на примере Алтае-Саянского региона // Проблемы антропологии

древнего и современного населения советской Азии. Новосибирск: Наука, 1986. С. 170–191.

Шпитонков М.И. Применение методики корреляционной адаптометрии в спортивных и медико-биологических исследованиях // Компьютерные исследования и моделирование, 2017. Т.9. №2. С. 345–354. DOI: 10.20537/2076-7633-2017-9-2-345-354.

Яблоков А.В. Фенетика. М.: Наука. 1980. 132 с.

Информация об авторе

Козлов Андрей Игоревич, д.б.н.; ORCID ID: 0000-0002-6710-4862; dr.kozlov@gmail.com.

Поступила в редакцию 12.08.2024,
принята к публикации 15.08.2024

Kozlov A.I.

*Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute
and Museum of Anthropology, Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia*

THE CONCEPT OF ADAPTIVE TYPES IN MODERN HUMAN ECOLOGY RESEARCH

Introduction. According to the concept of adaptive types proposed about 50 years ago [Alekseeva, 1972, 1977], representatives of different groups and races in similar living conditions independently (convergently) develop close adaptive norms of morpho-physiological complexes that ensure stability in given ecological environment. Today, this concept is widely used in anthropology and human ecology although its important applied and predictive aspects are often underestimated.

This review examines the history of the formation and development of the concept of adaptive types in the context of other views on human ecology, its connection with modern scientific views, and the prospects for implementation in fundamental and applied research.

Results. Over the past 50 years, the concept of adaptive types has been enriched and strengthened through interactions with related scientific fields. The use of ethnographic data on the way of life, physical loads, food availability and composition in groups with different variants of traditional natural resource use demonstrated the importance of an integrated assessment of the impact of natural and anthropogenic factors. The application of ideas and methods from population and molecular genetics, bioinformatics, and statistical analysis allowed the supplementation of phenotypic morpho-functional indices with data on the specificity of the distribution of genetic determinants of metabolism in groups adapted to different environmental conditions. This allows us to consider the formation of adaptive types as a microevolutionary process in which the habitat and the population adapting to it at the biological and cultural-technological level mutually influence each other. This approach, based on the position of the modern theory of niche construction, in particular, allows us to identify an adaptive type of urbanized environment characterized by ranges of adaptive norm of morpho-physiological, auxological, biochemical, and endocrine complexes specific to megapolis populations. Comparison of data obtained from studies of groups with different levels of modernization showed that the damaging effect of the anthropogenic environment decreases as the population enters the range of a new adaptive norm that meets the requirements of an emerging urban niche.

Conclusion. The concept of adaptive types, in its modern interpretation, is productive when considering a number of fundamental and applied issues in the field of human ecology, theoretical, and evolutionary medicine, including the problem of the spread of metabolic disorders.

Keywords: human ecology; environmental influences; adaptation; anthropological diversity

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-4-5

References

- Abakumov A.I. Modelirovanie adaptivnyh mekhanizmov v biologicheskikh soobshchestvah [Modeling adaptive mechanisms in biological communities]. *Dal'nevostochnyy matematicheskiy sbornik* [Far Eastern mathematical collection], 1997, 3, pp. 96–102. (In Russ.).
- Alekseeva T.I. Biologicheskie aspekty izucheniya adaptatsii u cheloveka [Biological aspects of the study of adaptation in humans]. In *Antropologiya 70-h godov* [Anthropology of the 70es], Moscow, 1972, pp. 103–128. (In Russ.).
- Alekseyeva T.I. *Geograficheskaya sreda i biologiya cheloveka* [Geographical Environment And Human Biology]. Moscow: Mysl Publ., 1977. 302 p. (In Russ.).
- Alekseeva T.I. *Adaptatsiya cheloveka v razlichnykh ekologicheskikh nishah Zemli (biologicheskie aspekty)* [Human Adaptation in Various Ecological Niches of the Earth (Biological Aspects)] Moscow: MNEPU Publ., 1998. 279 p. (In Russ.).
- Altuhov Yu.P., Botvin'ev O.K., Kurbatova O.L. Populyacionno-geneticheskij podhod k probleme nespecificheskoj biologicheskoy ustojchivosti chelovecheskogo organizma. Soobshchenie 1. Postanovka problemy i obosnovanie podhoda. Parametry raspredelenij antropometricheskikh priznakov novorozhdennyh i grudnyh detej v norme i pri patologii. [Population genetic approach to the problem of nonspecific biological stability of the human body. Message 1. Statement of the problem and justification of the approach. Distribution parameters of anthropometric characteristics of newborns and infants in normal and pathological conditions]. *Genetika* [Genetics], 1979, 15 (2), pp. 352–360. (In Russ.).
- Altuhov YU.P., Kurbatova O.L. Problema adaptivnoj normy v populyacijah cheloveka [The problem of adaptive norms in human populations]. *Genetika* [Genetics], 1990, 26 (4), pp. 583–598. (In Russ.).
- Bondareva E.A., Zadorozhnaya L.V., Homyakova I.A. T/A-polimorfizm gena FTO i obraz zhizni associirovany s nakopleniem zhira v raznyh vozrastnyh gruppah muzhchin [T/A polymorphism of the FTO gene and lifestyle are associated with fat accumulation in different age groups of men]. *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and Metabolism], 2019, 16 (2), pp. 49–53. (In Russ.). DOI: ht10.14341/mote9798.
- Borinskaya S.A., Kozlov A.I., YAnkovskij N.K. Geny, narody i tradicii pitaniya [Genes, peoples and food traditions]. *Etnograficheskoe obozrenie* [Ethnographic Review], 2009, 3, pp. 117–137. (In Russ.).
- Borovkova N.P., SHeremet'eva V.A., Evsyukov A.N., Spicyn V.A. Zakonomernosti raspredeleniya allelej apolipoproteina E (AROE) sredi mirovogo narodnaseleeniya [Frequency distribution of apolipoprotein E (APOE) alleles in World population]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23: Antropologiya* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2010, 2, pp. 21–35. (In Russ.).
- Vershubskaya G.G., Kozlov A.I. Dolgovremennye izmeneniya razmerov tela novorozhdennyh i ih materej v Sibiri i na Evropejskom Severe RF [Long-term changes in body size of newborns and their mothers in Siberia and the European North of the Russian Federation]. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii* [Bulletin of Archaeology, Anthropology, and Ethnography], 2011, 2 (15), pp. 142–151. (In Russ.).
- Gorban' A.N., Manchuk V.E., Petushkova E.V. Dinamika korrelyatsij mezhdru fiziologicheskimi parametrami i ekologo-evolucionnyi printsip polifaktorial'nosti [Dynamics of correlations between physiological parameters and ecological-evolutionary principle of polyfactorial]. In *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovanie ekosistem* [Ecological monitoring problems and ecosystems modeling]. Vol. 10. Leningrad: Gydrometeoizdat Publ., 1987, pp 187–198. (In Russ.).
- Gudkova L.K. Fiziologicheskaya antropologiya [Physiological anthropology]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23: Antropologiya* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2013, 1, pp. 52–61. (In Russ.).
- Dubrova Yu.E., Dambueva I.K., Prohorovskaya V.D., Holod O.N. Izuchenie izmenchivosti sovokupnosti antropometricheskikh priznakov u normal'nyh novorozhdennyh [Studying the variability of a set of anthropometric characteristics in normal newborns]. *Genetika* [Genetics], 1991, 27 (11), pp. 2013–2019. (In Russ.).
- Kamshilov M.M. *Evoluciya biosfery* [Evolution of Biosphere]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 254 p. (In Russ.).
- Kozlov A.I. Izmenenie genofonda severnyh populyacij: «zakat etnosov» ili formirovanie novej adaptivnoj grupy? [Changes in the gene pool of northern populations: “decline of ethnic groups” or the formation of a new adaptive group?] *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii* [Bulletin of Archaeology, Anthropology, and Ethnography], 2014, 3 (26), pp. 99–107. (In Russ.).
- Kozlov A.I. Formirovanie adaptivnyh tipov kak mikroevolyucionnyj process [Formation of adaptive types as a microevolutionary process]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII, Antropologiya* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2021, 3, pp. 72–82. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2021.3.072-082.
- Kozlov A.I., Vershubskaya G.G., Malyarchuk B.A., Litvinov A.N., Balanovska E.V. Genetic determinants of carbohydrate metabolism: intra- and interethnic variability of the lactase *LCT*, trehalase *TREH* and sucrase-isomaltase *SI* genes in the Evenki and other indigenous peoples of Siberia. *Lomonosov Journal of Anthropology* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2024, 2, pp. 73–84. (In Russ.). DOI: 10.55959/MSU2074-8132-24-2-6.
- Kozlov A., Gasanov E., Parfenteva O. Modern interpretations of evolutionary, anthropological and ecological aspects of the “thrifty genotype” hypothesis. *Lomonosov Journal of Anthropology* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2023, 4, pp. 47–57. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2023.4.047-057.
- Kozlov A.I., Lavryashina M.B., Vershubskaya G.G., Balanovska E.V. The peculiarity of sub-ethnic groups of Nenets in genetic determinants of the metabolism of sucrose, trehalose and lactose. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya* [Moscow University Anthropology Bulletin], 2022, 3, pp. 63–71. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2022.3.063-071.
- Kozlov A.I., Nikitin I.A. Muchnye i krahmalsoderzhashchie produkty v pitanii korenno naseleeniya vysokoshirotnykh i arkticheskikh regionov Rossii – tradicii i sovremennost' [Flour and starch-containing products in the diet of the indigenous population of high-latitude and Arctic regions of Russia - traditions and modernity]. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii* [Bulletin of Archaeology, Anthropology, and Ethnography], 2022, 4 (59), pp. 209–218. (In Russ.). DOI: 10.20874/2071-0437-2022-59-4-18.
- Krupnik I.I. Antropologicheskie priznaki i osobennosti klimaticheskoy adaptatsii (na materiale Vysokoj Afriki) [Anthropological signs and features of climate adaptation (based on material from High Africa)]. In: *Rasy i narody* [Races and Peoples], Moscow, Nauka Publ., 197. pp. 67–88. (In Russ.).

- Spicyn V.A. Faktory okruzhayushchej sredy i geneticheskoe raznoobrazie cheloveka (ekologo-geneticheskij ekskurs). [Environmental factors and human genetic diversity (ecological-genetic excursion)]. In *Kak chelovek zaseli planetu Zemlya* [How Man Populated Planet Earth]. Moscow, «Arheologicheskoe naseledie» Publ., 2006, pp. 284–315. (In Russ.).
- Timofeev-Resovskij N.V., Voroncov N.N., Yablokov A.V. *Kratkij ocherk teorii evolyucii* [Brief Outline of the Theory of Evolution]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 297 p. (In Russ.).
- Chikisheva T.A. Opyt ocenki svyazej antropologicheskikh priznakov so sredovymi faktorami na primere Altae-Sayanskogo regiona [Experience in assessing the relationships of anthropological characteristics with average factors using the example of the Altai-Sayan region]. In *Problemy antropologii drevnego i sovremennogo naseleeniya sovet'skoj Azii*. [Problems of anthropology of ancient and modern populations of Soviet Asia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986, pp. 170–191. (In Russ.).
- Shpitionkov M.I. Primenenie metodiki korrelyacionnoj adaptometrii v sportivnyh i mediko-biologicheskikh issledovaniyah [Application of correlation adaptometry techniques in sports and biomedical research]. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie* [Computer research and modeling], 2017, 9 (2), pp. 345–354. (In Russ.). DOI: 10.20537/2076-7633-2017-9-2-345-354.
- Yablokov A.V. *Fenetika* [Phenetics]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 132 p. (In Russ.).
- Bennet A.M., Di Angelantonio E., Ye Z., Wensley F., Dahlin A., et al. Association of apolipoprotein E genotypes with lipid levels and coronary risk. *JAMA.*, 2007, 11, pp. 1300–1311.
- Bernstein M.S., Costanza M.C., James R.W., Morris M.A., Cambien F., et al. Physical activity may modulate the effects of APOE genotype on the lipid profile. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 2002, 22 (1), pp. 133–140.
- Corbo R.M., Scacchi R. Apolipoprotein E (APOE) allele distribution in the world. Is APOE*4 a 'thrifty' allele? *Ann. Hum. Genet.*, 1999, 63 (4), pp. 301–310.
- Durham W.H. *Coevolution: Genes, culture, and human diversity*. Stanford University Press, Stanford, 1991. 629 p.
- Gerbault P., Liebert A., Itan Y., Powell A., Currat M., et al. Evolution of lactase persistence: an example of human niche construction. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2011, 366, pp. 863–877. DOI:10.1098/rstb.2010.0268.
- Hales C.N., Barker D.J. The thrifty phenotype hypothesis. *Br. Med. Bull.*, 2001, 60, pp. 5–20. DOI: 10.1093/bmb/60.1.5.
- Inchley C.E., Larbey C.D.A., Shwan N.A.A., Pagani L., Saag L., et al. Selective sweep on human amylase genes postdates the split with Neanderthals. *Scientific Reports*, 2016, 6, p. 37198. DOI 10.1038/srep37198.
- Joffe B., Zimmet P. The thrifty genotype in type 2 diabetes: an unfinished symphony moving to its finale? *Endocrine*, 1998, 9 (2), pp.139–141. DOI: 10.1385/ENDO:9:2:139.
- Johnson R.J., Sanchez-Lozada L.G., Nakagawa T., Rodriguez-Iturbe B., Tolan D., et al. Do thrifty genes exist? Revisiting uricase. *Obesity*, 2022, 30 (10), pp. 1917–1926. DOI: 10.1002/oby.23540.
- Kozlov A.I., Balanovskaya E.V., Nurbaev S.D., Balanovsky O.P. Gene geography of primary hypolactasia in populations of the Old World. *Russian Journal of Genetics*, 1998, 34 (4), pp. 445–454.
- Kozlov A., Lisitsyn D. History of dairy cattle-breeding and distribution of LAC*R and LAC*P alleles among European populations. In C.Renfrew & K.Boyle (Eds.). *Archaeogenetics: DNA and the population prehistory of Europe*. McDonald Institute for archaeological Research, Cambridge, 2000, pp. 309–313.
- Kurian A.K., Cardarelli K.M. Racial and ethnic differences in cardiovascular disease risk factors: a systematic review. *Ethn. Dis.*, 2007, 1, pp. 143–152.
- Laland K., Matthews B., Feldman M.W. An introduction to niche construction theory. *Evol. Ecol.*, 2016, 30, pp. 191–202. DOI 10.1007/s10682-016-9821-z.
- McElroy A., Townsend P.K. *Medical anthropology in ecological perspective*. Routledge: Taylor & Francis Corp., 2015. 400 p. =
- Neel J.V. The "Thrifty Genotype" in 1998. *Nutr. Rev.*, 1999, 57 (5, Pt II), pp. 2–9.
- O'Brien M.J., Bentley R.A. Genes, culture, and the human niche: An overview. *Evol. Anthropol.*, 2021, 30 (1), pp. 40–49. DOI: 10.1002/evan.21865.
- Odling-Smee F.J., Laland K.N., Feldman M.W. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. New Jersey: Princeton Univ. Press, 2003. 488 p.
- Perry G.H., Dominy N.J., Claw K.G., Lee A.S., Fiegler H., et al. Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature Genetics*, 2007, 39 (10), pp. 1255–1260.
- Sharma A.M. The thrifty-genotype hypothesis and its implications for the study of complex genetic disorders in man. *J. Mol. Med.*, 1998, 76 (8), pp. 568–571.
- Southam L., Soranzo N., Montgomery S.B., Frayling T.M., McCarthy M.I. et al. Is the thrifty genotype hypothesis supported by evidence based on confirmed type 2 diabetes- and obesity-susceptibility variants? *Diabetologia*, 2009, 52 (9), pp. 1846–1851. DOI: 10.1007/s00125-009-1419-3.
- Speakman J. Thrifty genes for obesity, an attractive but flawed idea, and an alternative perspective: the 'drifty gene' hypothesis. *Int. J. Obes.*, 2008, 32, pp. 1611–1617. DOI: 10.1038/ijo.2008.161.
- Terrenato L., Gravina M.F., Ulizzi L. Natural selection associated with birth weight. I. Selection intensity and selective death from birth to one month of life. *Ann. Hum. Genet.*, 1981, 45, pp. 55–63.
- Ulizzi L., Terrenato L. Natural selection associated with birth weight. V. The secular relaxation of the stabilizing component. *Ann. Hum. Genet.*, 1987, 51, pp. 205–210.
- Wu T., Xu S. Understanding the contemporary high obesity rate from an evolutionary genetic perspective. *Hereditas*, 2023, 160, p. 5. DOI: 10.1186/s41065-023-00268-x.

Information about the author

Kozlov Andrew I., PhD, Dr.Sci.; ORCID ID: 0000-0002-6710-4862; dr.kozlov@gmail.com

© 2024. This work is licensed under a CC BY 4.0 license