

## ВВЕДЕНИЕ

---

### **Системный анализ и информатика здоровья и долголетия**

В. Н. Крутько

#### **1. Постарение населения как глобальная проблема современности**

К концу XX в. в развитых странах мира возникло осознание того, что в XXI в. старение на индивидуальном и популяционном уровнях бросит вызов всему человечеству. Одной из наиболее значимых современных мировых проблем является проблема постарения человеческой популяции, суть которой заключается в резком увеличении в популяции доли лиц с существенно сниженными возможностями осуществления своих биологических и социальных функций. С этим связан ряд серьезнейших экономических, политических, демографических, социальных и др. проблем, имеющих глубокие последствия практически для всех аспектов индивидуальной, общественной, национальной и международной жизни. Процесс постарения населения ложится тяжелым грузом как на экономику государств и социум в целом, так и лично на самих стареющих людей, на их семьи и близкое окружение. О масштабе этой проблемы говорят следующие оценки ООН и ведущих демографов. В 1975 г. 5,3 % людей на Земле имели возраст более 65 лет. В Европе и Северной Америке доля пожилых в период с 1998 по 2025 гг. возрастет с 20 до 28 % и с 16 до 26 % соответственно. В целом по планете доля лиц старше 60 лет удвоится в период с 2000 до 2050 гг. Наиболее быстро будет расти доля очень старых людей, имеющих возраст 80 и более лет. Эта категория существенно больше других нуждается в медицинской помощи и других видах социального обеспечения. Число их в ближайшее десятилетие увеличится на 300 %. Большие города в развитых странах превращаются в «дома пенсионеров». При этом в старших возрастных группах существенно снижается доля мужчин. Например, в России, имеющей самый низкий показатель в мире

по величине отношения числа мужчин к числу женщин в возрастной группе старше 65 лет, этот показатель равен 50 % [Second World Assembly on Ageing (Madrid, April 2002)].

Глобальное постарение населения порождает обширный комплекс проблем: политические, демографические, социально-правовые, медико-оздоровительные, социального обслуживания, культурные, социально-психологические и пр. В качестве наиболее серьезных проблем для социума можно отметить следующие:

- существенное увеличение коэффициента демографической нагрузки на общество, выражающегося отношением числа неработающих к числу работающих, что ложится огромным грузом на экономику;
- значительные структурные изменения в сфере занятости, социальной помощи и обеспечения уходом нетрудоспособных, требующее заблаговременной адаптации и серьезной перестройки социальных служб и бюджетных ресурсов (например, к настоящему времени в США федеральное правительство увеличило в два раза ассигнования на нужды престарелых по сравнению с 1960 г., которые сейчас составляют четверть федерального бюджета).

Специфической проблемой для современной России является вступление в пенсионный возраст населения, родившегося в период послевоенного максимума рождаемости. Численность этой части населения не может быть скомпенсирована за счет молодежи, вступающей на рынок труда, а уровень ее подготовки к сложным видам профессиональной деятельности — за счет миграции из стран с более низким уровнем жизни. Поэтому продолжение трудовой деятельности данной возрастной группы представляет важную социально-экономическую задачу. Обеспечение максимальной работоспособности, мотивации к труду и продуктивности старшей части работающего населения на фоне постоянно изменяющейся социальной и информационной среды, а также возрастных изменений физического и психического здоровья является одной из приоритетных задач геронтогастики.

Не менее значимы и проблемы пожилой личности и ее ближайшего окружения:

- изоляция от общества, являющаяся сильнейшим стрессом, деформирующим психику;
- дискомфорт телесных ощущений, связанный как с синдромом хронических болей, так и с ухудшением функций анализаторов;
- снижение физической и психической работоспособности, влекущее за собой сужение возможных социальных ролей личности и снижение социальной активности, а также приводящее к трудностям самообслуживания, создающим проблемы для ближайшего окружения;
- психический дискомфорт за счет нарушения связей и взаимопонимания между поколениями в современном мире, ощущения себя как обузы;

- постоянно гнетущее ощущение собственной ненужности пожилого человека за счет фактора невостребованности, особенно болезненного в период после ухода на пенсию.

Проблема постарения населения была осознана мировым сообществом в начале 80-х гг. прошлого века, и начиная с этого момента оно предпринимает активные усилия по решению данной проблемы. Программы и концепции в отношении пожилых рассматриваются различными международными организациями: Организацией Объединенных Наций (ООН), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), Советом Европы (СЕ), Международной организацией труда (МОТ), международными и национальными научно-исследовательскими центрами (Европейский центр благосостояния в Вене — ЕЦБ) и пр. Современные международные принципы отношения к пожилым людям в наиболее четкой форме были сформулированы на Генеральной Ассамблее ООН в 1991 г. [United Nations. UN Principles for Older Persons, 1991]. Это 18 принципов, объединенных в 5 категорий: независимость, участие, забота, самореализация, достоинство, — общий смысл которых заключается в том, чтобы сделать полноценной жизнь лиц преклонного возраста. В 1995 г. в Копенгагене президенты и премьер-министры почти 200 стран мира утвердили политическую программу действий правительств и мирового сообщества в отношении проблем пожилых. В основе соглашения глав государств лежали обязательства обеспечения фактического доступа пожилых ко всем основным социальным услугам, с акцентом на лиц, не способных покидать свой дом. В настоящее время разработана и активно осуществляется Программа ООН по исследованию старения, а также Мадридский международный план действий в связи с постарением населения, принятый Второй Всемирной ассамблеей по проблемам старения [Second World Assembly on Ageing (Madrid, April 2002)].

В последние годы геронтология в целом и в особенности профилактика старения становятся все более популярными. Есть все основания считать, что это направление будет лидером медицинской науки в XXI в., в связи с тем, что именно технологии профилактики старения открывают возможности радикального увеличения периода полноценной активной жизни человека [Крутько, 2000].

Современная информатика и системный анализ, обладая мощным инструментарием исследования сложных систем любой природы, могут и должны внести весомый вклад в решение данной проблемы. Постановка науки о старении на твердый математический фундамент позволит решать задачи целенаправленного управления процессами старения, а также задачи оптимизации и наиболее эффективного использования всегда ограниченных ресурсов, выделяемых на решение проблемы снижения уровня смертности и увеличения продолжительности полноценной жизни.

Активное использование математических методов может не только существенно увеличить эффективность геронтологических исследований, но и предоставить принципиально новые познавательные возможности,

которые дает имитационное моделирование и системный анализ объектов сложной структуры. Видимо, поэтому использование математики в геронтологии имеет давнюю традицию. В настоящее время поток работ в этой области растет, но в то же время уже накоплен значительный опыт в области математического анализа процессов старения, требующий систематизации и обобщения [Донцов и соавт., 1998, 2002; Крутько и соавт., 1998–2002; Krut'ko V. N. et al., 2000–2002].

## **2. Теоретические аспекты применения системного анализа и информатики в геронтологии**

Проблема борьбы со старением с целью продления периода активной жизни человека является одной из самых старых проблем, разрабатывавшихся на протяжении всей истории развития науки. Методология, использовавшаяся при этом, постоянно усложнялась, дополнялась и развивалась не только в соответствии с развитием самой геронтологии как вполне самостоятельной науки, но и в соответствии с успехами в других областях медицины и биологии, а в последнее время — информатики и системного анализа. Можно выделить три основных направления весьма плодотворного использования методов анализа сложных систем в геронтологии.

Первое направление — математическое и имитационное моделирование индивидуального старения отдельно взятого организма как макроскопической системы. При этом основной задачей является изучение эффектов модификации структуры системы и функциональных характеристик ее элементов, а также эффектов внешних управляющих воздействий на процесс старения системы.

Второе направление — это использование современных методов теории вероятности и статистического анализа многомерных объектов с целью выявления степени и формы влияния наследственных, внешне-средовых и социальных факторов, а также эффектов целенаправленных медицинских программ на структуру смертности и ожидаемую продолжительность жизни.

Третье направление — изучение возрастной динамики интенсивности смертности, как параметра, характеризующего состояние стареющего макроскопического ансамбля, с помощью мощного аппарата современной теории надежности. Данная теория, получившая в последние десятилетия исключительно активное и плодотворное развитие применительно к техническим системам, может быть с большим успехом применена к живым организмам. В монографии В. Н. Крутько, М. Б. Славина, Т. М. Смирновой «Математические основания геронтологии» (2002) приводятся весьма серьезные математические и биологические аргументы для обоснования возможности и полезности таких применений. В ней обобщены основные достижения, полученные мировой наукой в рамках вышеупомянутых направлений.

### 3. Интегральные индикаторы здоровья

Интегральная оценка здоровья в системе социально-гигиенического мониторинга предполагает определение основных социально значимых характеристик состояния человека, детерминирующих его качество жизни. В свою очередь, качество жизни, прежде всего, зависит от возможностей полноценного функционирования организма. Авторы предлагают использовать в качестве интегральных характеристик данных возможностей **показатели физической и психической работоспособности (продуктивности)** человека. Весьма перспективной интегральной характеристикой здоровья является также **показатель жизнеспособности** организма. Жизнеспособность в первую очередь зависит от степени структурно-функционального износа организма, детерминируемой как патогенностью окружающей среды, так и процессами естественного биологического старения. Данный показатель в течение жизни изменяется более чем в 500 раз. На популяционном уровне жизнеспособность определяется возрастной смертностью. На индивидуальном уровне она определяется **биологическим возрастом человека**. Если ставить задачу оценки, не только текущего уровня здоровья, но и его интеграла на протяжении всей жизни, то наилучшим индикатором здесь следует считать **ожидаемую продолжительность жизни — ОПЖ**. Можно привести убедительные доказательства в пользу того, что ОПЖ является самой важной и информационно насыщенной социально значимой характеристикой не только здоровья, но и качества жизни в целом.

Определение вышеупомянутых характеристик является достаточно непростой задачей для решения которой авторами были разработаны как специальные математические алгоритмы, так и представленные в настоящей книге компьютерные системы «Диагностика старения: Бיוвозраст» и «Система оценки психической работоспособности» для помощи врачу в решении данных задач.

В настоящее время также ведется разработка компьютерной системы «Оценка физической работоспособности».

### 4. Компьютерные системы для здоровья и долголетия

Важным перспективным направлением применения современной информатики в решении практических задач профилактической медицины является создание компьютерных систем для поддержки и обеспечения процессов оценки и формирования здоровья, диагностики и профилактики старения. В Лаборатории медицинской информатики ИСА РАН, совместно с Национальным геронтологическим центром, создан представленный ниже комплекс компьютерных систем, позволяющий эффективно решать как задачи диагностики и профилактики изменений здоровья человека, так и задачи диагностики и профилактики старения.

#### 4.1. Компьютерная система «Питание для здоровья и долголетия»

##### *Проблема*

С точки зрения концепции рационального питания каждый человек нуждается в определенных количествах различных пищевых веществ для удовлетворения энергетических, пластических и других потребностей организма. В зависимости от роста, веса, возраста, пола, физической нагрузки определены среднестатистические нормы удовлетворения этих потребностей у здорового человека. Даже будучи среднестатистическими, они существенно различны у различных групп людей и могут отличаться более чем в два раза. Кроме того, организму не безразлично, каким образом он удовлетворяет свои энергетические потребности — за счет белков, жиров или углеводов. Обменные процессы протекают наилучшим образом, когда соотношение этих веществ в пище 1 : 1,2 : 4. Аналогичные соотношения установлены для долей растительных белков и жиров, для аминокислотного состава белка, для отношений фосфора и кальция, кальция и магния и др. Однако многое здесь зависит от индивидуальных особенностей организма, его текущего состояния, окружающих условий. Например: людям с тяжелой физической нагрузкой следует повысить долю углеводов, при наличии воспалительных заболеваний желателен снизить количество белка, при предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям необходимо снизить долю животных жиров. В то же время, в связи с особенностями современной действительности — глобальные нарушения экологической обстановки, рост сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний, социальная нестабильность, приводящая к психологическим перегрузкам, увеличение среднего возраста населения, резкое снижение физической активности и связанное с этим значительное сокращение энергетических затрат, широкое распространение курения и употребления спиртных напитков — проблема рационального питания приобретает новое звучание. Обычный пищевой рацион, даже при условии его соответствия установленным нормам, не обеспечивает человека необходимыми количествами витаминов и минеральных элементов, потребность в которых существенно повышается в связи с перечисленными выше факторами. Кроме того, для здоровья человека стала чрезвычайно важна не только полноценность питания, но и его профилактическая, оздоравливающая, детоксицирующая и геропротекторная функции. Это в большой степени определяет современные требования к структуре рационального питания. Удовлетворить всем этим требованиям практически невозможно, используя привычные подходы к формированию пищевых рационов. Помочь в решении вышеназванных проблем может компьютерная система «Питание для здоровья и долголетия».

##### *Назначение и функции системы*

Система является эффективным инструментом помощи диетологу в решении следующих важных задач: оценка фактического питания; построение индивидуальной нормы питания, на основе информации

о физиологических параметрах, физической и психологической нагрузке, наличии или риске хронических заболеваний, экологических условиях, привычках и образе жизни; осуществление автоматизированного построения оптимальных лечебных, оздоровительных, профилактических и геропротекторных рационов, соответствующих индивидуальной норме и учитывающих финансовые возможности и предпочтения клиента; дача рекомендаций по изменению веса, по применению БАДов и других средств коррекции дефицитов рациона. В процессе работы система позволяет:

1. Осуществлять текущий и предварительный опрос клиента:
  - вес, рост, возраст, пол;
  - конституциональные параметры;
  - состояние здоровья;
  - физическая, умственная, психическая, экологическая нагрузка;
  - вкусы и привычки в еде.
2. Поддерживать ведение пищевого дневника.
3. Оценивать фактическое питание.
4. Рассчитывать оптимальный индивидуальный рацион.
5. Хранить результаты опроса клиента, состав и калорийность рекомендованных и фактических рационов, данные пищевого дневника в течение периода наблюдения.
6. Осуществлять ввод информации во все базы данных и вывод из них. В состав системы входят следующие базы данных:
  1. Химический состав пищевых продуктов.
  2. Набор нормативных рекомендаций по оптимальному составу пищи для среднестатистического здорового человека и для ряда специфических случаев, связанных с образом жизни, определенными заболеваниями, экологическими условиями.
  3. Медико-биологическая характеристика пищевых элементов.
  4. Общие рекомендации по питанию.
  5. Рекомендации по питанию в случае отдельных заболеваний и нарушений образа жизни.
  6. Анкеты клиентов.

#### *Сфера применения системы*

Система рекомендуется для индивидуального и семейного применения, для использования в учебных заведениях, санаториях и лечебных учреждениях, а также в центрах госсанэпидслужбы для решения таких задач, как:

- образование и просвещение по проблемам гигиены питания, здорового образа жизни и профилактики старения;
- оценка и разработка индивидуальных и семейных оптимальных рационов, а также среднестатистических рационов для отдельных групп населения;

- создание лечебных, оздоровительных, профилактических и геропрокторных диет, соответствующих заданным требованиям и ограничениям и имеющих целью снижение веса, омоложение, сдерживание процессов старения и биоактивацию.

#### **4.2. Компьютерная система «Система оценки психической работоспособности»**

##### *Проблема*

Снижение умственной работоспособности и ухудшение нейропсихического статуса — характерное проявление старения. Поэтому разработка методов оценки психической работоспособности (ПР) является важным направлением диагностики старения. При разработке подобных методов необходимо обеспечить их адекватность для максимально широко возрастного диапазона, полноту оценки, максимальную независимость от профессиональных навыков обследуемого, а также минимальную трудоемкость обследования. В соответствии с перечисленными требованиями авторами разработана компьютерная система, обеспечивающая комплексное тестирование психической работоспособности, а также регистрацию и хранение данных для последующего математического анализа. Следует отметить, что системы оценки ПР, помимо исследований старения и оценки профессиональной пригодности, могут иметь еще одну важную сферу применения — мониторинг психического здоровья и психической работоспособности населения. Анализ ПР представляется важным средством оценки донозологических изменений здоровья населения, обусловленных воздействием неспецифических стрессогенных факторов различной природы.

##### *Назначение и функции системы*

Система оценки психической работоспособности (СОПР) представляет собой компьютерный психодиагностический комплекс, предназначенный для тестирования основных характеристик когнитивной и сенсорной функций человека: восприятия; оперативной памяти; устойчивости мышления; переключения и распределения внимания; оперативного мышления; логического мышления; пространственного мышления; динамического глазомера; скорости и точности реагирования, а также ведения базы данных тестирования. СОПР разработан на основе отбора оптимальных по универсальности и эффективности методов оценки ПР. В качестве окончательного набора методик оценки ПР были выбраны следующие:

- «Реакция на движущийся объект».
- «Непрерывный счет в автотемпе».
- «Закономерности числового ряда».
- «Выделение существенных признаков».
- Методика Равена (тест возрастающей сложности).

### *Сфера применения системы*

Медицинские центры, центры здоровья, санаторно-курортная сеть (выявление донозологических изменений здоровья, обусловленных воздействием как специфических факторов риска, так и неспецифических стрессогенных факторов различной природы, а также оценка эффективности средств для профилактики заболеваний и сдерживания старения, в частности непосредственно предназначенных для повышения психической работоспособности). Практика Госсанэпиднадзора (мониторинг психической работоспособности отдельных групп риска — профессиональных групп, связанных с высокой эмоциональной нагрузкой, населения регионов с высокой экологической нагрузкой, пострадавших от стихийных бедствий или военных действий, и т. п. (населения в целом, или же на индивидуальном уровне)).

### **4.3. Компьютерная система «Диагностика и профилактика старения»**

#### *Проблема*

Во всех развитых странах в последние десятилетия отмечается устойчивый быстрый рост бюджетных и частных вложений в сферу «индустрии здоровья». Активный интерес вызывают технологии омоложения, сдерживания старения, продления периода активной трудоспособной жизни человека. Профилактика старения является одним из новых направлений научной и практической деятельности, наиболее активно и динамично формирующимся в настоящее время. Это направление предполагает разработку и использование принципиально новых подходов и современных высоких технологий как для количественной оценки старения так и для повышения качества жизни людей при снижении реальных темпов старения и увеличении продолжительности активной трудоспособной жизни. Количественная оценка процесса старения (диагностика старения) является необходимым этапом для разработки мер воздействия на процесс старения и должна отражать разносторонность и одновременность старения различных органов и систем, особенности старения конкретного человека. В настоящее время достигнуты существенные успехи в понимании сущности, причин и главных механизмов старения; создается все больше средств, способных влиять на него: геропротективного, биостимулирующего и иного типа действия. Для достижения высокого эффекта при применении таких средств необходимо комплексное воздействие на различные стороны процесса старения. Это дает возможность решать задачи увеличения длительности активной жизни, профилактики заболеваемости, сдерживания темпа старения, квалифицированного применения средств биостимуляции, длительного сохранения высокого уровня физической и психической активности.

### *Назначение и функции системы*

Компьютерная система «Диагностика и профилактика старения» представляет собой экспертную систему помощи по диагностике старения методом вычисления биологического возраста организма в целом и отдельных его систем, что дает возможность определения профиля старения и выбора на этой основе с помощью средств системы индивидуальной схемы профилактики старения. Основные функции системы — это:

- Осуществление поддержки процесса индивидуального выбора и применения системы средств и мер сдерживания старения, омоложения и биоактивации на индивидуальном и популяционном уровнях в соответствии с профилем старения, привычками, факторами риска и наличия хронических заболеваний, финансовыми возможностями и другими индивидуальными характеристиками клиента.
- Обеспечение врача обширной информацией о механизмах старения и средствах его сдерживания, включающей медицинские протоколы профилактики для отдельных процессов старения и хронических заболеваний.

Для обеспечения этих функций в систему включены базы данных по характеристикам применяемых средств и методов, методические рекомендации и необходимые справочные материалы.

### *Сфера применения системы*

Геронтология и гериатрия (контроль индивидуальных особенностей старения и эффективности применения специальных средств профилактики старения (геропротекторов); возрастная физиология (исследования механизмов старения); медицинские центры, центры здоровья, санаторно-курортная сеть и др. формы медико-профилактических учреждений, ставящих задачи реального повышения трудоспособности, омоложения и продления активной жизни человека; система до- и последипломного обучения специалистов профилактической медицины; социально-гигиенический мониторинг (анализ особенностей старения в группах риска, оценка эффективности медико-профилактических мероприятий).

## **5. Заключение**

Сфера применения разработанных средств современной информатики достаточно широка и многообразна. Это: центры здоровья (выявление донозологических изменений здоровья, обусловленных воздействием как специфических факторов риска, так и неспецифических стрессогенных факторов различной природы, а также оценка эффективности средств для профилактики заболеваний и сдерживания старения); санаторно-курортная сеть и др. формы медико-профилактических учреждений, ставящих задачи повышения трудоспособности и продления активной жизни человека, в частности специалистов с высокой ценой профессиональной

подготовки; геронтология и гериатрия (контроль индивидуальных особенностей старения и эффективности применения специальных средств профилактики старения (геропротекторов); возрастная физиология (исследования механизмов старения); медицинские центры, диспансерные и реабилитационные отделения госпиталей и клиник, кабинеты профилактики поликлиник, Государственная система социально-гигиенического мониторинга (анализ особенностей старения в группах риска, оценка эффективности медико-профилактических мероприятий); система до- и последипломного обучения специалистов профилактической медицины.

## Литература

1. *Krut'ko V. N.* Prophylaxis of Aging: Contours of a New Science // *Human Physiology*. Vol. 26. № 5. 2000. P. 629–635.
2. *Krut'ko V. N., Smirnova T. M., Dontsov V. I., Borisov S. E.* Diagnosing Aging: I. Problem of Reliability of Linear Regression Models of Biological Age // *Human Physiology*. Vol. 27. № 6. 2001. P. 725–731.
3. *Krut'ko V. N., Smirnova T. M., Dontsov V. I., Borisov S. E.* Diagnosis of aging: Report II. Age Dynamics of Correlation between the Biological Markers of Aging // *Human Physiology*. Vol. 28. № 1. 2002. P. 82–87.
4. United Nations Programme on Ageing [Electronic resource] // [un.org/esa/socdev/ageing](http://un.org/esa/socdev/ageing).
5. United Nations. UN Principles for Older Persons, UN, General Assembly (resolution 46/91). N. Y.: United Nations, 1991.
6. *Донцов В. И., Крутько В. Н.* Пожилой человек // Этапы жизнедеятельности человека и медицинские услуги в разные возрастные периоды. М.: Мастерство, 2002. Гл. 6. С. 293–390.
7. *Донцов В. И., Крутько В. Н.* Сущностные модели старения и продолжительности жизни // Профилактика старения. Ежегодник НГЦ. Вып. 1. М.: НГЦ, 1998. С. 23–39.
8. *Донцов В. И., Крутько В. Н., Подколзин А. А.* Фундаментальные механизмы геропротекции. М.: Биоинформсервис, 2002. 464 с.
9. *Крутько В. Н.* Постарение населения // Глобалистика: Энциклопедия. М.: Диалог, 2003. С. 810–811.
10. *Крутько В. Н., Подколзин А. А., Донцов В. И.* Старение: системный подход // Профилактика старения. Ежегодник НГЦ. Вып. 1. М.: НГЦ, 1998. С. 7–22.
11. *Крутько В. Н., Славин М. Б., Смирнова Т. М.* Математические основания геронтологии / Под ред. В. Н. Крутько. М.: УРСС, 2002. 384 с.
12. *Крутько В. Н., Смирнова Т. М.* Анализ тенденций смертности и продолжительности жизни населения России в конце XX в. М.: УРСС, 2002. 48 с.
13. *Крутько В. Н., Смирнова Т. М., Анисимов В. Н.* Использование параметрических моделей для оптимизации продолжительности наблюдений в геронтологических исследованиях // Клиническая геронтология. 1999. № 2. С. 42–47.
14. *Крутько В. Н., Смирнова Т. М., Анисимов В. Н.* Прогнозирование индивидуальной продолжительности жизни при развитии фатальных и нефатальных опухолей // Вопросы онкологии. 1999. Т. 45. № 5. С. 546–549.