

УДК 636.084.41:577.12:57.087

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ВАЖНОЕ ЗВЕНО В РАЗВИТИИ НАУЧНЫХ ОСНОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ЖИВОТНЫХ

Черепанов Г.Г.

Институт физиологии, биохимии и питания с.-х. животных РАСХН, Боровск, Россия

Задачи перехода от ресурсной экономики к экономике, основанной на знаниях, требуют системной трансформации многих сфер жизни, в том числе и агропромышленной сферы. По данным Всемирного банка, национальное богатство развитых стран сейчас на 5% составляют природные ресурсы, на 18% - материальный произведенный капитал и 77% занимают знания и умение ими распорядиться, поскольку опытных данных может быть много, но они подчас лежат мертвым грузом. В связи с этим возникает задача разработки технологий и подготовки персонала для управления знаниями. Вузы уже готовят инженеров по знаниям, которые разрабатывают базы данных, экспертные системы и другие средства интеллектуальной поддержки решений. Но для того, чтобы быть на уровне современных требований, недостаточно просто научиться пользоваться этими средствами. Новые тенденции изменяют роль исследователей, разработчиков технологий и специалистов в системе современного производства.

В экономической системе, основанной на эксплуатации материальных ресурсов, наука выступала в основном как поставщик технических решений с последующим их внедрением в производство (рис. 1).

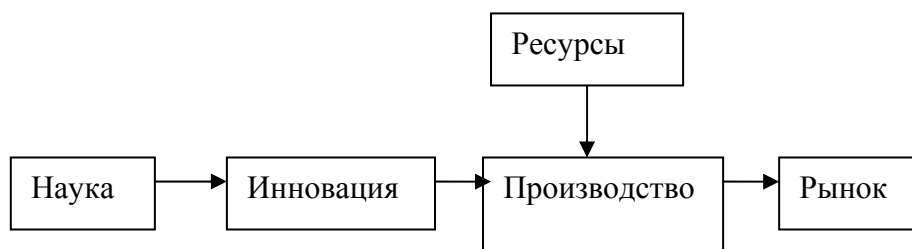


Рис.1. Структура связей между составляющими инновационного процесса в экономической системе, основанной на ресурсах

В экономической системе, основанной на знаниях, сам субъект производства (социум) становится наиболее важным интеллектуальным ресурсом и взаимодействует с наукой через передаточное звено – базу знаний (рис. 2). От того, насколько развито это звено, зависит, будут ли своевременно решаться проблемы, или они будут нарастать как снежный ком. На мировом рынке борьба во все большей степени идет не за вещественные компоненты, а за информацию. Поэтому фирмы берут на вооружение девиз – знать и уметь, или исчезнуть.

Когда говорят о высоких технологиях в области животноводства, обычно имеют в виду отдельные модные (приоритетные) направления, к которым не относят традиционные области физиологии животных. Такое положение вряд ли можно считать нормальным. За последние 50 лет достигнут значительный прогресс в животноводстве, однако эти достижения оказались односторонними и возникли новые проблемы, связанные в основном с жизнеспособностью и качеством продукции. С

учетом остроты проблем в области экологии и продовольственной безопасности это заставляет думать о предпосылках и условиях устойчивого развития отрасли.

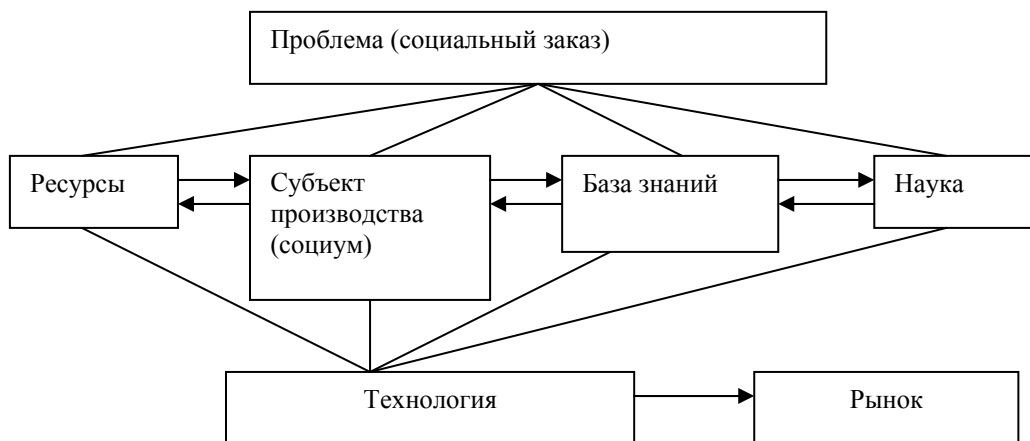


Рис. 2. Структура связей между составляющими инновационного процесса в экономической системе, основанной на знаниях

Одно из таких условий, как мы считаем, - это создание государственной системы мониторинга кормовых ресурсов и обеспечение нормативно-научной базы для эффективной трансформации их в продовольственное сырье и продукты питания человека. Объемы кормопроизводства таковы, что в энергетическом эквиваленте они сопоставимы с производством электроэнергии в системе РАО ЕС, поэтому проблема эффективного использования кормов имеет не меньшее значение для страны. При наличии отставания в этой области от мирового уровня закупаемые за рубежом кормовые средства, племенной скот и технологии не могут дать нужной отдачи.

Эффективность использования кормов определяется многими факторами, в том числе генетическим потенциалом продуктивности, гармоничностью развития системы органов животных, сбалансированностью кормления, показателями воспроизводства и продолжительностью продуктивного использования маточного поголовья. Несмотря на то, что по отдельным аспектам проводится большой объем исследований, они ведутся разными специалистами и мало связаны друг с другом, в целом проблема мало изучена, не ясно, какие параметры являются наиболее критическими, на каких узловых точках надо сосредоточить усилия. В одном из последних докладов академика РАСХН В.И. Фисина приволись данные расчета о том, что продление сроков хозяйственного использования коров только на 6 месяцев равносильно увеличению поголовья стада на 12%. Такие интегральные оценки необходимы по многим параметрам, тогда можно делать расчетный прогноз для разных вариантов технологий, подобно тому, как это делается сейчас для выбора наилучшей программы селекции.

Современная зоотехния по сути имеет дело с двумя процессами: 1) селекционный процесс и 2) производственный процесс (физиология питания, воспроизводство, поддержание здоровья). Поэтому в стратегическом плане необходимо в дополнение к существующей теории селекционного процесса развивать теорию производственных процессов. Цель состоит в том, чтобы сбалансировать экономические требования, биологические ограничения и условия здорового питания населения. Для этого необходим интегративный подход с особым приоритетом физиологии продуктивных животных. Отрицательный опыт прошлых лет показывает, что попытки

решить проблемы за счет одних технических решений, без учета требований биологии, неэффективны. С другой стороны, отдельные биотехнологические новации сами по себе, безотносительно к развитию общенаучной базы, в обозримой перспективе вряд ли могут составить основу для решения этих проблем. Нужна теория процесса, поэтому стоит вспомнить, как складывались тенденции в развитии теории и практики в области селекции животных.

После того, как канадский биоматематик Чарльз Хендерсон в 50-х гг. разработал свой метод прогноза племенной ценности производителей по качеству потомства, вначале к нему специалисты относились настороженно, так как метод был для них слишком сложным, но прошли годы и он получил мировое признание. Нет оснований считать, что в других разделах зоотехнии нет почвы для постановки задач такого же уровня. Стоит напомнить в этой связи, что по проблемам питания животных получено четыре Нобелевские премии, в их числе наши ученые И.П. Павлов и Л. Канторович.

Успехи физико-химической биологии несколько отодвинули в тень классические направления физиологии и биохимии, а вместе с ними и развитие теории продукционного процесса, но сейчас уже ясно, что расшифровка генома - это не финишная прямая, а лишь отправная точка для нового этапа, в котором главная задача будет состоять в познании процессов в «надмолекулярной» сфере, т.е. на уровне клетки, ткани и целостного организма. В новой интегративной физиологии важная роль отводится изучению количественной динамики сложных биологических процессов. В связи с этим возникает необходимость организации комплексных исследований, сочетающих физиологический эксперимент с использованием методов моделирования и современных средств информатики (рис. 3). Центральное место в системе новых информационных технологий занимает моделирование (brainware), а в нем - разделы «Формулировка проблемы» и «Формулировка задачи». В докладе дается обоснование, почему важны эти работы, в основном на материалах, касающихся проблем лактации.

Как уже упоминалось выше, биологическая и экономическая эффективность конверсии корма у молочного скота определяется сбалансированностью развития систем органов и степенью соответствия уровня и соотношения нутриентов тканевой потребности в субстратах синтеза. С точки зрения зоотехника проблемы морфологии и метаболизма – это количественные проблемы и для их решения нужно иметь конкретные инструменты (критерии, тесты, модели). Генетически детерминированные и зависящие от условий питания возрастные вариации в развитии системы органов поддаются прогнозу на основе учета закономерностей становления морфо-физиологических структур и межорганных корреляций (Черепанов, 1994), что создает предпосылки для расчета потребностей в энергетических и пластических субстратах.

При поиске факторов, лимитирующих или стимулирующих молочную продуктивность, приходится принимать во внимание большой комплекс вопросов. На уровне молочной железы темп секреции определяется клеточностью альвеолярного отдела, удельной мощностью транспортных и ферментативных процессов, кровоснабжением вымени и уровнем субстратов в крови. На уровне целого организма лимитировать продуктивность могут процессы пищеварения и межучного обмена.

На конверсию протеина и энергии корма в продукцию оказывают влияние условия кормления, содержания, стадии лактации, генотипические факторы. Поэтому общие закономерности проявляют себя на фоне большого рассеяния данных, наблюдаемого, в частности, при варьировании потребления сырого протеина и обменной энергии (Hanigan et al., 1998).

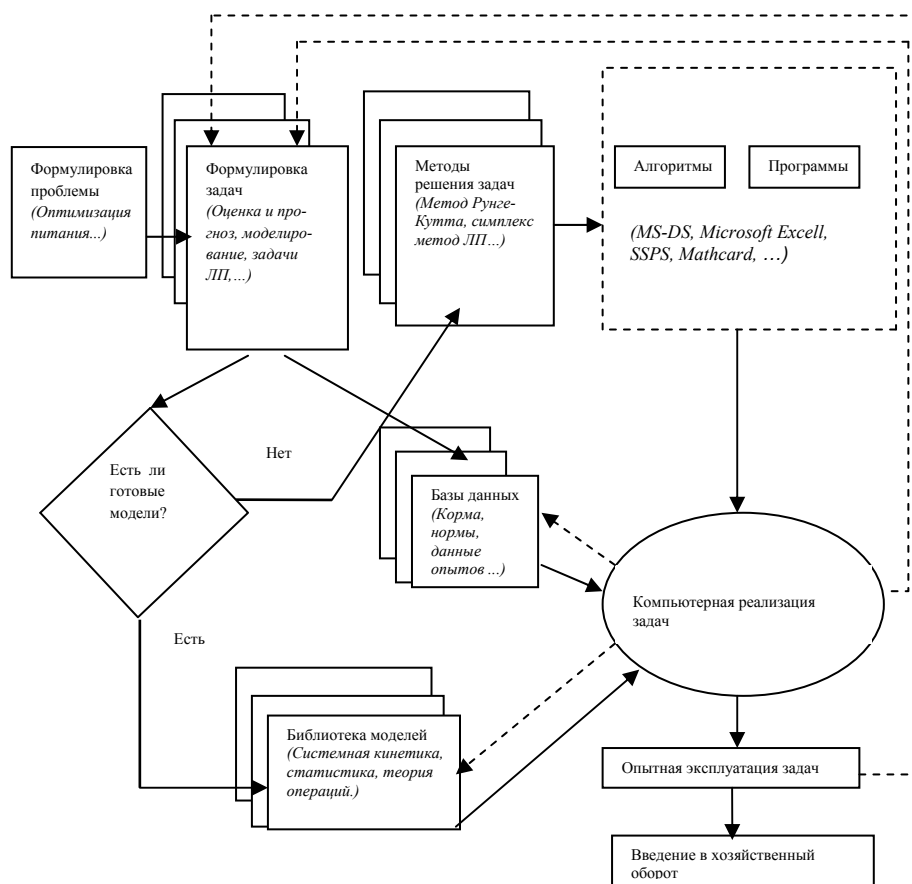


Рис. 3. Основные этапы применения информационных технологий (баз данных и имитационного моделирования)

Общая тенденция отражена в нормах кормления, но в конкретных условиях значительная часть популяции попадает в область неадекватных условий питания со всеми вытекающими последствиями. В этом смысле усредненная норма в какой-то степени аналогична средней температуре в больнице. Поэтому в перспективе неизбежен переход к более сложным системам питания на основе применения многопараметрических динамических моделей.

Надежно оценивать обеспеченность продуктивных функций субстратами можно при условии, если мы умеем прогнозировать два момента: 1) поступление аминокислот в тонкий кишечник и 2) потребности в нутриентах на уровне тканевого обмена. Дуоденальный поток сейчас более-менее прогнозируется, но при оценке баланса нутриентов в тканях возникают трудности. Отмеченную выше вариативность продуктивной реакции, оцененной в балансовых опытах, можно объяснить различиями по переваримости, однако большой разброс выхода молочного белка проявляется и на уровне обменного протеина. Так, при анализе сводных литературных данных по 36 опытам с инфузией казеина в сычуг или дуоденум эффективность конверсии колебалась от 0 до 35% (Mackle et al., 1998).

Здесь также надо обратить внимание на два момента: 1) биологический потенциал секреторных клеток для дополнительного образования белка имеется, поскольку в некоторых опытах получен значительный прирост продукции (до 250

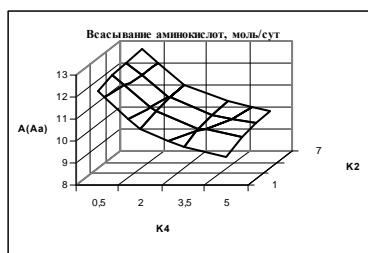
г/сут); 2) неясно, чем обусловлен большой разброс продуктивной реакции и почему во многих ситуациях не реализуется клеточный потенциал биосинтеза. Вопросы, касающиеся регуляции биосинтеза молочного белка в связи с условиями питания, обсуждаются нами в другом докладе (Черепанов, 2002; Черепанов, Макар, 2004; Макар и др., 2003, 2004). Здесь нужно отметить, что разрабатываемые модели субстратного баланса в разных тканях можно использовать не только для поиска узких мест, лимитирующих биосинтез, но и для оптимизации процессов питания.

Предсказание общих продуктивных эффектов невозможно без прогноза объемов всасывания субстратов. В начале 90-х гг в институте была разработана и в течение ряда лет испытывалась исследовательская версия модели рубцового пищеварения. В последние годы мы провели модельные расчеты с варьированием показателей деградирруемости в рубце протеина и крахмала, рассчитывая найти область оптимума. Однако полученные данные свидетельствовали о монотонном характере зависимости и отсутствии областей локальных максимумов или минимумов по большинству показателей ферментации и микробного синтеза в физиологической области значений рН (Черепанов, Катаев, 2004). Само по себе отсутствие экстремумов по различным показателям рубцовых процессов не говорит об отсутствии оптимума для продуктивных функций, т.е. на уровне организма. Такой оптимум, конечно, существует, но он может определяться соотношением объема всасываемых субстратов и текущей потребности в них организма.

Как выяснилось в процессе работы, полученные с помощью модели таблицы и диаграммы поверхностей отклика можно использовать для нахождения оптимального сочетания параметров рациона, например, показателей деградирруемости в рубце протеина и крахмала и др. (рис. 4).

Всасывание аминокислот, моль/с				
K2				
K4	1	3	5	7
0,5	12,2	12,5	12,5	12,6
2	10,5	10,8	10,9	11,0
3,5	9,73	10,1	10,2	10,2
5	9,29	9,64	9,76	9,81

Всасывание глюкозных эквивалентов, моль/с				
K2				
K4	1	3	5	7
0,5	15,3	12,6	11,7	11,2
2	15,8	13,0	12,2	11,9
3,5	16,1	13,3	12,5	12,1
5	16,2	13,4	12,6	12,3



Исходные требования к объемам всасывания:

Глюкоза 12,5 моль/с
 Аминокислоты 10 моль/с
 Ацетат 55 моль/с

Энергия всосавшихся субстратов 150 МДж/с

Рис. 4. Численный пример, иллюстрирующий метод оптимизации параметров рациона на основе компьютерного прогноза объемов всасывания и потребности в субстратах. K2 и K4 – распадаемость крахмала и протеина соответственно, час⁻¹. В левой таблице выделена область значений параметров, удовлетворяющая заданным требованиям по объемам всасывания конечных продуктов переваривания и энергии всосавшихся субстратов.

Критерием оптимизации при этом может быть соответствие прогнозируемых объемов всасывания заданным ограничениям по «уровню метаболического лимитирования», т.е. по нижней границе текущей потребности в разных субстратах (Черепанов, Катаев, 2004).

По нашим предварительным оценкам, процедура компьютерной оптимизации по субстратам потребуют проведения значительного объема дополнительных вычислений, помимо самой по себе динамической имитации метаболической подсистемы. С другой стороны, при наличии современной вычислительной техники такие расчеты, по-видимому, не составят особой проблемы, если, конечно, при этом будет обеспечена научная и программно-математическая часть этих работ.

Основной лимитирующий фактор в развитии этих работ – это дефицит измерительных данных, полученных в планируемых экспериментах и накопленных в электронной форме. Поэтому такие работы за рубежом проводят одновременно в двух направлениях: 1) проведение модельных исследований для поиска новых идей и создания вычислительных алгоритмов и 2) проведение комплексных измерений на животных с электронной архивацией данных. После накопления достаточного объема измерительной информации можно будет оперативно «обкатывать» найденные теоретические подходы и вводить новые решения в хозяйственный оборот. В целом это большая коллективная работа, сопоставимая по сложности с геномной индустрией.

Накопленный опыт и изучение литературы позволяют нам сделать некоторые выводы и обобщения в части, касающейся методологии комплексных исследований по проблемам биологии продуктивных животных.

В силу известных обстоятельств, разработке теоретических основ зоотехнии в нашей стране в последние годы не уделяется должного внимания. Поэтому в головных НИИ необходимо предусматривать небольшие структурные подразделения для теоретических системных разработок, чтобы иметь кадры нужной квалификации.

В современном глобализирующемся мире необходимо «обгонять, не догоняя», т.е. уходить от простого копирования западных работ и выстраивать стратегию, основанную на системе знаний, развивать синтетические концепции и технологии. Нужны не только отдельные приоритеты, но в первую очередь перечень системных проблем и постоянная поддержка их решения.

Когда исследование проводится для разработки тех или иных систем, необходимо в дополнение к обычному научному отчету приводить и накапливать матрицы исходных данных, например, индивидуально для коров. Для того, чтобы не получить просто «кучу данных», нужно заранее определять цели работы, конкретные задачи и методы их решения, т.е. создавать базу данных «под модель».

Помимо непосредственной функции поставщика технических решений, современная наука выполняет и другие важные функции, влияющие на инновационный процесс, в частности, по линии оценки технологий и координации. Поэтому важно иметь прозрачную оперативную систему оценки научно-технологических проектов. Кроме того, необходимо определить юридический и организационный статус системных разработок, в особенности для исследований федерального уровня.

В настоящее время в развитых странах для оценки питательной ценности и продуктивного действия кормов используется большое количество показателей и разработаны специальные методы и приборы для их измерения, которые в нашей стране применяются лишь в отдельных научных исследованиях. Необходимо их унифицировать, разработать отечественные аналоги и внедрить в практику зоотехнических лабораторий.

Таким образом, использование новых информационных технологий может дать толчок для технологического и инновационного развития при выполнении следующих общих предпосылок:

- формирование необходимого интеллектуального ресурса;
- поддержка решения системных проблем;
- создание электронных архивов экспериментальных данных;
- организация системы научно-технологической экспертизы и координации;
- создание сети химико- и информационно-аналитических центров, в том числе по проблемам питания сельскохозяйственных животных.

Современный зоотехнический научный центр должен иметь возможности и полномочия для проведения синтетических системных исследований на современном уровне. Информационные технологии – это важная составляющая научно-технического прогресса, но она эффективна лишь при обеспечении высокого научного уровня и комплексности проводимых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макара З.Н., Черепанов Г.Г., Бояршинов И.А., Корнеева Р.И., Матющенко П.В., Токарев Т.Ю. Взаимосвязь органного кровотока, поглощения субстратов из крови, активности транспорта в секреторные клетки молочной железы и образования компонентов молока у коров. Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова, 2003, 89, 8: 951-959.
2. Макара З.Н., Черепанов Г.Г. Исследование механизмов, лимитирующих молокообразование у продуктивных жвачных животных при кратковременных сдвигах нутритивного статуса. Прошлое, настоящее и будущее зоотехнической науки. Мат. конф., Дубровицы, 2004, 3: 29-34.
3. Черепанов Г.Г. Системная морфофизиологическая теория роста животных. Боровск-Обнинск, изд. при поддержке РФФИ, 1994: 103 с.
4. Черепанов Г.Г. Системно-кинетические принципы и модели в теории питания продуктивных животных. Боровск: изд. ВНИИФБиП, 2002: 163 с.
5. Черепанов Г.Г., Катаев А.В. Анализ задачи оптимизации состава рациона с учетом требуемого минимального объема всасывания по основным субстратам (по данным компьютерной имитации биоценоза рубца). Труды ВНИИФБиП, 2004, 43: 134-148.
6. Черепанов Г.Г., Макара З.Н. Адаптивные изменения активности транспорта аминокислот в секреторные клетки молочной железы при сдвигах нутритивного статуса. Российский физиол. ж., 2005, 91(10): 1182-1194.
7. Mackle T.R., Bauman D.E. Recent developments in the regulation of milk protein production. Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Cornell University Ithaca, 1998: 104-113.
8. Hanigan M.D., Cant J.P., Weakley D.C., Beckett J.L. An evaluation of postabsorptive protein and amino acid metabolism in the lactating dairy cow. J. Dairy Sci., 1998, 81: 3385-3401.

The role of new information technology for scientific research and developments in the field of nutrition and control of animal production

G.G. Cherepanov

*Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Farm Animals,
Russian Agricultural Academy*

There are two main processes studied in animal sciences: 1) selection and 2) production, including nutrition, reproduction, health status etc. Therefore, the theory of production processes has to be developed as addition to existing theory of selection processes. In

the frame of new integrative physiology, the new research objective is the quantitative study of biological processes using dynamic models, modern software, data bases etc. From zootechnic viewpoint, problems of morphology and physiology are the quantitative entities and for their resolution the concrete instruments are to be established, i.e. criteria, tests, models. Thus, models of substrate balances in tissues and in whole body can be used for identification of limiting steps and, in long-term perspective - for ration optimization, using as optimization test the compliance of predicted rates of substrate absorption to given restrictions upon minimal tissue requirements for main substrates. The main limiting factor for such developments at now is a deficit of measurements data obtained in complex planned experiments and accumulated in electronic form. Therefore, investigations in this field of biology must be performed simultaneously in two directions: 1) theoretical modeling research aimed to find new ideas and to made new algorithms, and 2) conducting complex physiological experiments with formation of electronic archives of data.

Key words: animal production, nutrition, dynamic models, substrate balances, ration optimization

Prob. Prod. Anim. Biol., 2007, 1: 13-20