

## ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ НА БАЗЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

**УШАЧЁВ Иван Григорьевич**, академик РАН, 9037761@mail.ru, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

**ХАРИНА Марина Вячеславовна**, к.э.н., mar\_dik97@mail.ru, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

**ЧЕКАЛИН Вячеслав Сергеевич**, к.э.н., info2@vniiesh.ru, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

*В данной статье приводится долгосрочный прогноз развития сельского хозяйства, выполненный с использованием линейной оптимизационной модели. Она используется во ВНИИЭСХ при разработке долгосрочных прогнозов развития сельского хозяйства и отдельных отраслей агропромышленного комплекса. По предлагаемой модели (она относится к моделям частичного равновесия) производится оптимизация распределения материально-вещественных, стоимостных ресурсов в сельском хозяйстве по критерию максимизации потребления продуктов питания населением России.*

*Ориентирами для составления долгосрочного прогноза послужили макроэкономические параметры и направления долгосрочного развития народного хозяйства, включая отрасли АПК, изложенные в [1-6].*

*Расчеты были использованы при разработке Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года [6] в части прогнозных объемов и индексов развития сельского хозяйства на 2030 г. Прогноз выполнен для двух сценариев: целевого (оптимистического) и инерционного (пессимистического), в зависимости от складывающейся системы отношений в отрасли и в экономике России.*

*Ключевые слова:* долгосрочный прогноз, экономико-математическая модель, агропромышленный комплекс, сельское хозяйство.

DOI: 10.47711/0868-6351-192-64-77

В основу модели долгосрочного развития сельскохозяйственного производства и отдельных отраслей промышленной переработки сельскохозяйственной продукции, описанной в настоящей работе, положена разработка долгосрочного развития агропромышленного комплекса России [7]. В представленной здесь модели долгосрочного развития сельского хозяйства (около 270 переменных и 200 ограничений) цели сужены: оптимизируется состав и структура отраслей сельского хозяйства и основных отраслей промышленной переработки сельскохозяйственной продукции в объемах, необходимых для конечного потребления населением и прямого потребления в отраслях (мукомольная, сахарная, масло-жировая, молочная, мясная, комбикормовая, переработки плодов и ягод и другие). В модели не предусмотрен экспорт продовольственных товаров и продукции переработки, только экспорт сельскохозяйственной продукции.

Развитие отраслей растениеводства и животноводства планируется в разрезе технологий (традиционная, перспективная) с разными вариантами сочетания техники, норм внесения минеральных удобрений, рационов потребления кормов, производственных затрат и потребности в капитальных вложениях. Отрасли сельского хозяйства представлены в разрезе двух типов организационно-правовых форм: первая группа – крупные сельскохозяйственные организации (СХО) и крестьянские фермерские хозяйства (КФХ); вторая группа – личные подсобные хозяйства (ЛПХ).

В качестве экзогенно задаваемых ресурсов выступают определяемые по данным Росстата и годовой отчетности предприятий Министерства сельского хозяйства РФ на начало периода прогноза: площадь земельных угодий по категориям, число скотомест в животноводческих помещениях, вместимость разного рода хранилищ, мощности переработки сельскохозяйственной продукции, остатки сельскохозяйственной техники по видам, рациональные нормы потребления на душу населения, среднегодовой объем капитальных вложений.

Представленная модель является статической. Для долгосрочного прогнозирования применяются линейно-динамические модели, каждый блок которых соответствует году или периоду прогноза. Для снижения размерности в линейных динамических моделях отдельные отрасли по годам агрегируются в виде вектора с набором коэффициентов, полученных на базе решения подготовительных моделей [8]. Посредством связующих блоков осуществляется распределение чистой прибыли, материально-технических, кредитных ресурсов между текущим и последующим годом прогноза. В данном случае динамика задается путем составления и решения отдельных долгосрочных моделей на каждый прогнозный год с интервалом в пять лет. На конец каждого прогнозного периода определялись остатки материально-технических ресурсов (техники, производственных мощностей, земельных угодий с учетом их трансформации и прироста) с учетом переходящих остатков, имеющихся на начало прогноза, и поступлений в рассматриваемом временном отрезке. Они являлись базой прогноза на следующий пятилетний период. Потребность в капитальных вложениях определялась для каждого пятилетнего периода.

Блок финансирования и взаимоувязки финансовых ресурсов и потребностей в капитальных вложениях отсутствует. Объемы финансирования рассчитываются после получения оптимального решения как сумма чистой прибыли, направляемой на финансирование капитальных вложений, и возможного привлечения кредитных ресурсов.

Описанная модель реализована с точки зрения «ресурсного» подхода: определяются максимально возможные объемы производства и потребления продуктов питания в условиях ограниченных ресурсов.

Полная система моделей стратегического планирования и прогнозирования сельского хозяйства, помимо оптимизации отраслей и объемов сельскохозяйственного производства, включает: модель размещения по территориям, развития продуктовых подкомплексов, финансирования и кредитования, расчета цен и стоимостных пропорций по регионам с учетом сбалансированности платежеспособного спроса и предложения, потребления продуктов питания с учетом реально-располагаемых доходов и другие. Такие модели разработаны и описаны в литературе: размещение [9], ценообразование по регионам [10], долгосрочное прогнозирование с учетом сценариев потребления и емкостей рынков сбыта [11], сбалансированное развитие продовольственного комплекса России [7; 12; 13].

**Описание экономико-математической модели.** В представленной ниже разработке решается задача: определить оптимальную структуру отраслей сельского хозяйства и промышленной переработки сельскохозяйственной продукции в РФ, план использования земельных, материально-технических ресурсов, объем капитальных вложений с целью удовлетворения потребностей населения РФ в продуктах питания по рациональным нормам, производственных нужд отраслей сельского хозяйства, обеспечения экспорта продовольствия в соответствии со стратегическими задачами и национальными целями [14], сохранения рентабельности реализации продукции сельского хозяйства не ниже достигнутых за последние годы значений.

Модель состоит из нескольких блоков: растениеводство, животноводство, переработка, кормопроизводство, потребление продуктов питания, связующие блоки между отраслями производства и переработки. Отрасли, производящие средства производства для сельского хозяйства (сельскохозяйственное и тракторное машиностроение, строительство), оборотные средства (минеральные удобрения, средства химической защиты и др.) не включены в модель, соответствующие показатели задаются экзогенно в виде ограничений. В модели рассчитывается потребность в средствах производства и оборотных средствах промышленного происхождения в натуральном и стоимостном выражении.

*Основные переменные и множества:*

$X_1$  – число потребительских наборов продуктов питания (млн. шт.);

$x_j^{pnq}, x_j^{nq}$  – состав и размер  $j$ -отраслей в разрезе технологических способов производства продукции;

( $j \in J$ ) отрасли: 1 – растениеводство, 2 – животноводство, 3 – переработка сельскохозяйственной (с/х) продукции, 4 – прямое потребление с/х продукции, 5 – хранение, 6 – переменные по объемам производства с/х продукции, 7 – готовые продукты питания из переработки, 8 – производство кормов, 9 – импорт продовольствия, 10 – экспорт с/х продукции;

( $q \in Q$ ) – технологии в растениеводстве и животноводстве: 1 – отечественные традиционные, 2 – отечественные интенсивные, 3 – импортные интенсивные;

( $p \in P$ ) – типы земель: 1 – пашня, 2 – многолетние насаждения, 3 – сенокосы и пастбища, 4 – орошаемые, 5 – осушенные земли, 6 – трансформируемые угодья;

( $n \in N$ ) – типы хозяйств: 1 – крупные СХО и КФХ, 2 – частный сектор, 0 – для отраслей промышленной переработки и других;

( $l \in L$ ) – множество отраслей промышленной переработки;

( $h \in H$ ) – множество видов питательных веществ в кормопроизводстве;

( $m \in M$ ) – множество видов кормов;

( $g \in G$ ) – виды животноводческих помещений;

( $r \in R$ ) – виды производственных помещений в растениеводстве (элеваторы, хранилища);

( $f \in F$ ) – средства производства промышленного происхождения;

( $w \in W$ ) – множество производителей: 1 – отечественные традиционные технологии, 2 – отечественные перспективные технологии, 3 – импортные технологии;

$x_j^e$  – переменные по экспорту сельскохозяйственной продукции;

$x_j^{im}$  – переменные по импорту продуктов питания и сырья для промышленной переработки;

$\Delta x^p$  – прирост  $p$ -го типа земель;

$\Delta x^g$  – прирост числа мест в животноводческих помещениях;

$\Delta x^r$  – прирост производственных помещений в растениеводстве;

$\Delta x^l$  – прирост мощностей  $l$ -ой отрасли переработки;

$\Delta x^{fv}$  – прирост (покупка, строительство) средств производства промышленного происхождения вида  $f$  от  $w$ -го производителя: 1 – грузовые автомобили, 2 – тракторы, 3 – комбайны, 4 – с/х машины, 5 – средства химической защиты растений и животных, 6 – минеральные удобрения, 7 – покупные корма в животноводстве.

*Технико-экономические коэффициенты и индексы:*

$a_{\text{index}j}$  – коэффициент, показывающий затраты ресурса на единицу  $j$ -ой переменной; index зависит от отрасли:  $p$  – земельные ресурсы,  $g$  – животноводческие помещения,  $r$  – емкости хранения для растениеводства,  $l$  – мощности по переработке и т. д.;

$v_j^{pqn}$  – урожайность  $j$ -й культуры, возделываемой на  $p$ -м типе земель по технологии  $q$ , в хозяйстве типа  $n$ ;

$v_j^{qn}$  – продуктивность  $j$ -го вида животных, выращиваемых по технологии  $q$ , в хозяйстве типа  $n$ ;

$v_{jl}$  – расход  $j$ -го вида с/х продукции на единицу  $l$ -го вида продуктов переработки;

$S_j$  – коэффициент, показывающий долю  $j$ -ой культуры/отрасли в общем объеме;

$c_{indexj}$  – коэффициент удельных затрат на прирост капитальных вложений;

$c_j^{im}$  – стоимость  $j$ -го вида продовольствия, кормов, с/х продукции по импорту;

$B_{index}$  – объем ограничений по ресурсам на начало прогноза.

*Вспомогательные переменные:*

$X_v$  – стоимостные показатели: 1 – товарная, 2 – валовая продукция, 3 – производственные затраты по видам, 4 – капитальные вложения, 5 – импорт в долл.

*Ограничения модели:*

1) Баланс земельных угодий

– Ограничения по площади пашни:

$$\sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} \sum_{j \in J1} a_{pj} \times x_j^{pnq} \leq B_p + \Delta x^p, \quad (p = 1);$$

– Ограничения по использованию орошаемых и осушенных земель:

$$\sum_{p \in P} \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} \sum_{j \in J1} a_{ij}^p \times x_j^{pnq} \leq B_p + \Delta x^p, \quad (p = 4, 5);$$

– Удельный вес культуры в общей площади посевов:

$$\sum_{p \in P} \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} a_{pj} \times x_j^{pnq} \leq S_j \times (B_p + \Delta x^p), \quad (j \in J1, p = 1, 4, 5)$$

Аналогично записываются ограничения по многолетним насаждениям и прочим земельным угодьям.

– Ограничения по приросту  $p$ -го вида земель:

$$\Delta x^p \leq \Delta B_p, \quad (p = 6)$$

2) Балансы производственных помещений в растениеводстве:

$$\sum_{p \in P} \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} a_{rj} \times V_j^{pnq} \times x_j^{pnq} \leq B_r + \Delta x^r, \quad (j \in J1, r \in R),$$

где  $a_{rj}$  – коэффициент пересчета с/х продукции в потребности в хранилищах.

– Ограничение по приросту хранилищ в периоде прогноза:

$$\Delta x^r \leq \Delta B_r;$$

3) Баланс животноводческих помещений:

$$\sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} a_{gj} \times x_j^{nq} \leq B_g + \Delta x^g, \quad (j \in J2, g \in G),$$

где  $a_{gj}$  – потребность в помещениях для  $j$ -го вида животных.

– Ограничения по приросту  $g$ -го вида помещений:

$$\Delta x_g \leq \Delta B_g, \quad (g \in G);$$

4) Ограничения по соотношению половозрастных групп скота (например, доля ремонтного молодняка крупного рогатого скота в стаде):

$$x_j \leq S_j \times \sum_{j \in J2} x_j, \quad (j \in J2''),$$

где  $J2''$  – подмножество половозрастных групп скота.

5) Потребность в оборотных средствах промышленного происхождения (минеральных удобрениях, средствах защиты и т.д.)

в растениеводстве:

$$\sum_{p \in P} \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} a_{ff}^q \times x_j^{pnq} = x^{fw}, \quad (j \in J1, w \in W, f = 5, 6);$$

в животноводстве:

$$\sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} a_{ff}^q \times x_j^{nq} = x^{fw}, \quad (j \in J2, w \in W, f = 7);$$

6) Баланс трудовых ресурсов в сельскохозяйственных организациях:

математическая запись аналогична ограничениям группы 5;

7) Балансы тракторов, уборочной техники, грузовых автомобилей:

$$\sum_{p \in P} \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} a_{ff}^q \times x_j^{pnq} \leq B_f^w + \Delta x^{fw}, \quad (j \in J1, w \in W, f = 1, 2, 3, 4);$$

8) Балансы производства кормов:

$$\sum_{p \in P} \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} V_j^{pnq} \times x_j^{pnq} = k_{mj} \times x_j^m, \quad (j \in J8),$$

где  $k_{mi}$  – коэффициент выхода  $m$ -го вида корма из  $j$ -й культуры.

9) Балансы потребности всех групп животных в питательных веществах (в кормовых единицах):

$$\sum_{m \in M} v_{hm} \times (x_j^m + \Delta x_j^{fv}) \leq \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} \sum_{j \in J_2} a_{hj} \times x_j^{nq}, \quad (h \in H, w = 7),$$

где  $v_{hm}$  – содержание  $h$ -го питательного вещества в  $m$ -виде корма;  $a_{hj}$  – потребность  $j$ -го вида животных в  $h$ -м питательном веществе.

Модель также содержит ограничения по потребности в отдельных группах кормов (концентрированным, грубым, зеленым, и т.д.) для всех видов животных.

10) Баланс производства сельскохозяйственной продукции:

$$\sum_{p \in P} \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} \sum_{j \in J_{1,2}} V_j^{pnq} \times x_j^{pnq} = x_j, \quad (j \in J_6);$$

11) Баланс распределения сельскохозяйственной продукции по направлениям использования:

$$x_j = \sum_{j \in J_3} x_j + \sum_{j \in J_4} x_j + \sum_{j \in J_5} x_j + \sum_{j \in J_8} x_j + \sum_{j \in J_{10}} x_j^e, \quad (j \in J_6);$$

12) Баланс производства продуктов питания в отраслях переработки:

$$\sum_{j \in J_3} v_{lj} \times x_j = x_j^l, \quad (j \in J_7, l \in L),$$

где  $v_{lj}$  – коэффициент выхода  $l$ -го продукта питания из  $j$ -го вида с/х продукции;

13) Баланс мощностей по переработке сельскохозяйственного сырья:

$$v_{lj} \times x_j = B_l + \Delta x^l, \quad (j \in J_3), \quad \Delta x^l \leq \Delta B_l.$$

Аналогично записываются ограничения по прямой реализации и сбыту.

14) Балансы потребления продуктов питания по рациональным нормам:

$$u_j \times X_1 \geq x_j + x_j^{im}, \quad (j \in J_4, 5, 7),$$

где  $u_j$  – норма потребления  $j$ -го вида продукта питания на одного человека (кг в год);

15) Лимит капитальных вложений в сельском хозяйстве (в стоимостном выражении):

$$\sum_{p \in P} \sum_{j \in J_1} C_{pj} \times \Delta x^p + \sum_{j \in J_2} C_{gj} \times \Delta x^g + \sum_{j \in J_5} C_{ij} \times \Delta x^i + \sum_{w \in W(1,2,3)} C_{fj} \times \Delta x^{fw} \leq B_k,$$

где  $B_k$  – ограничение по объему капитальных вложений на период прогноза.

Аналогично записываются ограничения по производственным затратам и стоимости валовой, товарной продукции в отраслях сельского хозяйства.

16) Ограничения на импорт продовольственных товаров:

$$\sum_{j \in J_9} c_j^{im} \times x_j^{im} \leq B_{im}.$$

Распределение продовольственных товаров на экспорт и потребление с учетом реально располагаемых доходов рассчитывается в дополнительной модели распределения продуктов питания [15].

17) Вспомогательные ограничения включают расчет стоимости товарной и валовой продукции, производственных затрат, рентабельности реализации и др.

Целевая функция модели: максимум производства потребительских наборов продуктов питания по рациональным нормам.

$$X_1 \rightarrow \max.$$

Под потребительских набором мы понимаем сбалансированный набор продуктов питания в расчете на одного человека по рациональным нормам (кг в год).

**Исходные данные для сценарных расчетов.** Прогноз объемов производства сельскохозяйственной продукции выполнен по двум сценариям, которые различаются долей инновационных технологий и темпами прироста инвестиций в сельское хозяйство:

– *целевой (оптимистический) сценарий*: посевная площадь в 2030 г. – 98 млн. га (за счет вовлечения в оборот неиспользуемых земель), темпы прироста инвестиций – 7,5% в год в среднем за 2020-2030 гг., доля инновационных технологий в производстве зерновых – 46%, доля поголовья молочного стада с продуктивностью свыше 70 ц/год – 23%.

– *инерционный сценарий*: посевная площадь в 2030 г. – 80 млн. га, темпы прироста инвестиций – около 3% в год в среднем за 2020-2030 гг., доля инновационных тех-

нологий в производстве зерновых – 14%, доля поголовья молочного стада с продуктивностью свыше 70 ц/год – 11%. Объемы потребления продуктов питания – единые для двух сценариев, приближены к рациональным нормам (табл. 1).

Таблица 1

Среднедушевое потребление отдельных продуктов питания

Показатель	Потребление на одного человека (кг в год)			
	2019 г., факт	Рациональная норма 2019 г.	Прогноз, 2030 г.	Прогноз / рациональная норма, %
Хлеб (в пересчете на муку)	116	96	119	124
Картофель	89	90	90	100
Овощи и бахчевые	108	140	140	100
Фрукты и ягоды	62	100	80	80
Мясо и мясопродукты	76*	73	70	96
Молоко и молочные продукты	234*	325	350	108
Яйца, штук	285	260	298	115
Рыба и рыбопродукты	21	22	12	54
Сахар и кондитерские изделия	39	24	40	167
Подсолнечное масло	11	12	14	113

\* Скорректированные данные Росстата с учетом балансов производства и распределения с/х продукции.

Источники: Росстат; Приказ Минздрава России от 19.08.2016 № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания». URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/47342.html/>

Потребность в технике рассчитана для основных видов культур (зерновые, подсолнечник, сахарная свекла), исходя из требований технологических карт и норм [16-18], и средней производительности включенных в прогноз классов тракторов и комбайнов или их аналогов, с корректировкой на ее последующий рост: тракторов – в 1,5 раза, комбайнов – в 1,5-1,8 раза к 2030 г., с учетом темпов прироста мощности техники за последние десять лет (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Посевные площади по технологиям, млн. га

Показатель	2019 г.	Прогноз, 2030 г.		Доля технологий по прогнозу, %	
		Целевой сценарий	Инерционный сценарий	Целевой сценарий	Инерционный сценарий
Зерновые	46,7	50,5	42,0	100	100
обычные технологии*	-	27,8	36,3	55	86
интенсивные технологии**	-	22,7	5,7	45	14
Подсолнечник	8,6	8,0	7,5	100	100
обычные технологии	-	5,0	4,5	63	60
интенсивные технологии	-	3,0	3,0	38	40
Сахарная свекла	1,1	1,0	0,9	100	100
обычные технологии	-	0,3	0,2	26	17
интенсивные технологии	-	0,8	0,8	74	83
Картофель	1,3	1,3	1,1	-	-
Овощи	0,5	0,7	0,6	-	-
Кормовые культуры	15,4	36,7	20,9	-	-
Прочие	7,3	0,0	7,0	-	-
Всего посевные площади	79,9	98,1	80,0	100	100
обычные технологии	x	71,6	70,5	73	88
интенсивные технологии	x	26,5	9,5	27	12

\* Тракторы: УЛТЗ-700, ХТЗ-181 (гусеничные), Т-150-05-09-25 (4-5 тяговый класс); зерноуборочные комбайны – СК-5М Нива Эффект (или аналог 7,2 т/час).

\*\* Тракторы: Кировец К-424, ХТЗ-181 (гусеничные); зерноуборочные комбайны – Acros (300 л. с.).

Источники: Росстат, прогноз на базе модели.

Таблица 3

## Наличие техники на 1000 га, шт.

Показатель	2019 г. факт	Целевой сценарий		Инерционный сценарий	
		2025 г.	2030 г.	2025 г.	2030 г.
Тракторы	2,6	3,0	3,4	2,7	2,7
Зерноуборочные комбайны	1,2	0,7	1,0	1,4	1,4
Кормоуборочные комбайны	0,8	0,5	0,5	0,6	0,5

Источники: Росстат, прогноз на базе модели.

Остатки техники на начало и конец прогнозного периода определены, исходя из возраста техники и средних норм выбытия (табл. 4). Ориентиром для прогноза ресурсов сельскохозяйственной техники являются Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России [19] и Прогноз научно-технологического развития АПК РФ до 2030 года [20].

Таблица 4

## Коэффициенты обновления техники, %

Показатель	2019 г.	Прогноз, 2025 г.		Прогноз, 2030 г.	
		Целевой сценарий	Инерционный сценарий	Целевой сценарий	Инерционный сценарий
Тракторы	3,6	11,5	2,6	7,9	2,8
Зерноуборочные комбайны	5,3	8,0	4,4	7,4	4,9
Кормоуборочные комбайны	4,4	9,5	3,1	7,4	3,4

Источники: Росстат, прогноз на базе модели.

Для целей прогноза урожайности (табл. 5), продуктивности (табл. 6) были использованы динамические ряды урожайностей за последние 10-15 лет, продуктивности животных (табл. 7) за пять лет, перспективные технологические карты. Прогнозная урожайность зерновых по обычным технологиям рассчитана на основе динамических рядов. Динамика урожайности зерновых – одинаковая по сценариям по идентичным технологиям. Оптимальная урожайность по сценариям определяется по результатам решения моделей по сочетанию технологий. Урожайность сахарной свеклы слабо коррелирует с урожайностью зерновых культур, поэтому в обоих сценариях приняты идентичные урожайности. Объемы производства картофеля, овощей зависят от объемов частного сектора и слабо прогнозируются, в связи с этим почти не отличаются по сценариям.

Таблица 5

## Прогноз урожайности культур с посевной площади, ц/га

Показатель	2018 г., факт	Целевой сценарий		Инерционный сценарий	
		2025 г.	2030 г.	2025 г.	2030 г.
Зерновые	24,4				
обычные технологии	-	26,0	28,0	26,0	28,0
интенсивные технологии	-	35,0	35,0	35,0	35,0
Подсолнечник	15,6				
обычные технологии	-	17,5	18,0	14,5	17,0
интенсивные технологии	-	23,0	25,0	17,0	20,0
Сахарная свекла	373				
обычные технологии	-	450,0	480,0	450,0	480,0
интенсивные технологии	-	470,0	520,0	470,0	520,0
Картофель	169	185	200	175	200
Овощи	225	265	290	265	290

Источники: Росстат (2019 г.), прогноз урожайности для расчетов по модели.

Таблица 6

Прогноз продуктивности молочного стада, ц/голову

Показатель	2019 г.	Прогноз, 2025 г.		Прогноз, 2030 г.	
		Целевой сценарий	Инерционный сценарий	Целевой сценарий	Инерционный сценарий
Молочное стадо – все категории хозяйств, в том числе:	47	53	49	55	52
сельскохозяйственные организации и крестьянские фермерские хозяйства	63	63	59	63	62
обычные технологии	-	60	60	60	60
интенсивные технологии	-	>70	>70	>70	>70
личные подсобные хозяйства	35	37	35	38	35

Источники: Росстат (2019 г.), прогноз продуктивности для расчетов по модели.

Таблица 7

Прогноз поголовья сельскохозяйственных животных, тыс. голов

Показатель	2019 г.	Прогноз, 2030 г.		Доля по прогнозу, %	
		Целевой сценарий	Инерционный сценарий	Целевой сценарий	Инерционный сценарий
Молочное стадо – все категории хозяйств, в том числе:	7964	8800	6550	100	100
сельскохозяйственные организации и крестьянские фермерские хозяйства	4634	6000	4050	68	62
обычные технологии	-	4000	3300	45	50
интенсивные технологии	-	2000	750	23	11
личные подсобные хозяйства	3274	2800	2500	32	38
Выращивание и откорм крупного рогатого скота	10162	23105	10200	-	-

Источник: Росстат (2019 г.), прогноз на базе модели.

По результатам расчетов (табл. 8) определена прогнозная потребность в минеральных удобрениях на 2030 г.: 6,1 млн. т действующего вещества в целевом сценарии и 4,5 млн. т – в инерционном сценарии; текущий объем не превышает 3,1 млн. т. Доля удобренной площади в сельскохозяйственных организациях – 92% в оптимальном сценарии, против 61% в 2019 г.

Таблица 8

Нормы внесения минеральных удобрений на 1 га, центнеров действующего вещества

Показатель	2019 г., факт	Обычные	Интенсивные
Зерновые	0,6	0,6	1,2
Подсолнечник	0,35	0,5	1,1
Сахарная свекла	3,1	3,8	4,3

Источники: Росстат, прогноз на базе модели.

Нормы расхода кормов на 1 ц молока – 0,89 ц кормовых ед., в том числе 0,26 ц – концентрированные корма.



Производственные, материально-вещественные затраты в растениеводстве и животноводстве, необходимые для достижения перспективных уровней урожайности и продуктивности рассчитаны на основе технологических карт и разделены на условно-постоянные (на единицу площади, поголовья) и условно-переменные (внешение дополнительных удобрений, затраты на уборку (человеко-часов), потребление кормов). Расчет выполнен в постоянных ценах.

Ограничения на ввод животноводческих помещений рассчитаны по динамике ввода в натуральном выражении за последние пять лет из Национального доклада Министерства сельского хозяйства РФ [21].

Объем капитальных вложений в растениеводстве определен по видам техники (тракторы, комбайны) по фактическим ценам производителей и дилеров. Потребность в инвестициях на ввод производственных помещений в растениеводстве и животноводстве определялась по исторически сложившейся структуре инвестиций в сельское хозяйство: 30% машины и оборудование (из них до 70% в растениеводстве), 70% здания и сооружения.

Расчеты по прогнозным моделям во ВНИИЭСХ проводятся с 2003 г., ежегодно осуществляется пересмотр исходной базы прогноза, технико-экономических коэффициентов. В расчетах на 2030 г. пересмотрена база прогноза энергетических и силовых мощностей тракторов, комбайнов на основе динамики роста производительности техники за последние 10-15 лет.

**Результаты расчетов.** Объемы производства, индексы валовой продукции и инвестиций по нашим расчетам и в сравнении с прогнозом Министерства экономического развития РФ [1] приведены в табл. 9-11.

Таблица 9

Объемы производства продукции сельского хозяйства, млн. т\*

Показатель	2019 г. факт	2020 г. факт	Целевой сценарий		Инерционный сценарий		Прогноз Минэкономразвития	
			2025 г.	2030 г.	2025 г.	2030 г.	2025 г.	2030 г.
Зерновые и зернобобовые	121,2	133,5	130,0	150,0	122,0	125,0	126,5	138,0
Сахарная свекла	54,4	33,9	45,0	50,0	43	45,0	44,3	46,4
Подсолнечник	15,4	13,3	14,5	16,4	12,9	13,7	11,6	12,5
Картофель	22,1	19,6	24,0	29,0	22,5	26,0	23,9	24,8
Овощи	14,1	13,9	16,0	19,3	15,1	15,8	15,0	16,9
Скот и птица в живом весе, в том числе:	15,2	15,6	18,8	20,7	15,1	15,9	15,6	16,3
крупный рогатый скот	2,8	2,8	3,0	4,2	2,8	2,9	н.д.	2,9
свиньи	5,0	5,5	8,0	8,3	4,9	5,3	н.д.	н.д.
овцы и козы	0,5	0,5	0,7	0,9	0,6	0,7	н.д.	н.д.
птица	6,7	6,7	7,1	7,3	6,8	7,0	н.д.	н.д.
Молоко	31,3	32,2	42,1	48,0	32,2	33,8	31,9	33,0
Яйцо, млрд. штук	44,9	44,9	48,0	50,0	45,5	47,8	н.д.	н.д.

\* н.д. – в прогнозе отсутствует информация.

Источники: Росстат, прогноз Министерства экономического развития до 2036 года [2] – базовый сценарий, прогноз на базе модели.

Таблица 10

Индексы производства продукции в сельском хозяйстве к 2019 г., %

Показатель	Целевой сценарий		Инерционный сценарий		Прогноз Минэкономразвития (базовый сценарий)	
	2025 г.	2030 г.	2025 г.	2030 г.	2025 г.	2030 г.
Сельское хозяйство	117	133	101	93	113,6	126,5
растениеводство	107	124	100	85	-	-
животноводство	128	143	101	101	-	-

Таблица 11

Индексы инвестиций в сельское хозяйство, %

Показатель	2020 г., факт	Целевой сценарий		Инерционный сценарий	
		2021-2025 гг.	2026-2030 гг.	2021-2025 гг.	2026-2030 гг.
Индекс инвестиций к 2017 г.	100	164	269	111	119
Среднегодовой индекс инвестиций	-	8,2	9,0	2,8	2,4
Доля инвестиций в объеме валовой продукции сельского хозяйства, %	12	17	25	13	16

Источники: Росстат, расчеты авторов.

Индекс производства продукции сельского хозяйства в 2030 г. к 2019 г. по целевому сценарию (133%) выше прогноза Министерства экономического развития РФ от 28.11.2018 г. [1] (126,5%) за счет более высоких объемов производства зерна и продукции животноводства.

Также проведено сравнение объемов производства с прогнозом ИНП РАН на 2030 г. [11]: зерно – 121-125 млн. т при текущих нормах потребления и 150 млн. т в случае роста потребления до максимальных значений (мяса – 115 кг в год на одного человека, молочных продуктов – 400 кг), экспорте зерна – 60 млн. т, экспорте мяса – 2 млн. т, снижении кормоемкости на 10% к уровню 2015 г. Сценарные объемы производства в [12] рассчитаны, исходя из максимальных потребностей и емкостей рынков сбыта. Согласно структурно-экономической политике в целях модернизации экономики России, по прогнозу ИНП РАН [2], среднегодовые темпы роста сельского хозяйства составят 1,8% в 2021-2025 гг. и снизятся до 1,2% в 2026-2030 гг. в связи с приближением к естественным пределам емкости традиционных рынков сбыта. По нашим оценкам, темпы прироста производства выше – 2,6% в 2021-2030 гг. и обусловлены необходимостью расширения внутреннего спроса и роста потребления до уровня рациональных норм во всех децильных группах населения, а также поставленными задачами по увеличению экспорта сельскохозяйственной продукции и продукции пищевой промышленности [14].

Целевой сценарий требует ежегодного прироста инвестиций в сельское хозяйство около 9% (см. табл. 11), доля капитальных вложений в валовой продукции сельского хозяйства вырастет с 13% в 2018-2019 гг. до 19% в 2025 г. и 27% на последний год прогноза.

Инерционный сценарий характеризуется сохранением текущих тенденций в технической модернизации производства (в 2025 г. коэффициент обновления тракторов не превысит 2,6%, зерноуборочных комбайнов – 4,4%, что ниже показателей Госпрограммы [1]: 3,4 и 5,2% соответственно). В результате темпы падения валовой продукции сельского хозяйства составят к уровню 2019 г. – минус 0,7% в год (+0,5% к уровню 2018 г.).

Среднегодовой индекс инвестиций в сельское хозяйство (9% по целевому сценарию) соответствует расчетам ИНП РАН для среднетехнологичных отраслей экономики, что позволит обеспечить обновление парка техники к 2025 г. с последующим поддержанием капитальных вложений на уровне 16% к валовой продукции сельского хозяйства. Сдвиг сроков обновления машинно-тракторного парка и производственных мощностей на период после 2021 г. потребует ускорения роста инвестиций до 10,4% в год.

Направления использования продукции (табл. 12 и 13) определены, исходя из максимального прогноза численности населения на 2030 г. – 148,4 млн. чел. В обоих сценариях наблюдается недостаток молока, фруктов и ягод, овощей для обеспечения потребления продуктов питания по рациональным нормам Минздрава РФ для всех

групп населения. Расчетный дефицит по молоку составляет 8,5 млн. т в целевом сценарии и около 15 млн. т в инерционном сценарии.

Таблица 12

Направления использования продукции сельского хозяйства, млн. т  
(целевой сценарий)

Показатель	Производство, 2030 г.	Направления использования			
		семена, инкубация	корм скоту	питание, переработка	дефицит (-) / избыток (+)
Зерновые	150	11,0	89,2	10,0	39,8
Картофель	29	5,0	0,6	23,4	0,0
Овощи и бахчевые	19,3	-	-	19,3	-1,5
Фрукты и ягоды	9,7	-	-	9,7	-5,1
Мясо и мясопродукты	20,5	-	-	15,9	4,6
Молоко и молочные продукты	48,5	-	8,5	40,0	-8,2
Яйца, млрд. штук	50	5	-	38,6	6,4
Сахарная свекла	50	-	-	40,9	9,1
Семена подсолнечника	16,4	-	-	6,6	2,1

Источник: прогноз по модели.

Таблица 13

Направления использования продукции сельского хозяйства, млн. т  
(инерционный сценарий)

Показатель	Производство, 2030 г.	Направления использования			
		семена, инкубация	корм скоту	питание, переработка	Дефицит (-) / избыток (+)
Зерновые	125	11,0	75,0	10,0	29,0
Картофель	26	5,0	0,49	20,5	0,0
Овощи и бахчевые	18,5	-	-	18,5	-2,3
Фрукты и ягоды	8,2	-	-	8,2	-6,6
Мясо и мясопродукты	15,9	-	-	15,9	0,0
Молоко и молочные продукты	38,9	-	5,7	33,2	-15,0
Яйца, млрд. штук	47,8	4,78	-	38,6	4,4
Сахарная свекла	45	-	-	40,9	4,1
Семена подсолнечника	13,3	-	-	5,3	0,9

Источник: прогноз по модели.

По результатам решения экономико-математической модели развития сельского хозяйства на 2030 г. в целевом сценарии получено оптимальное сочетание отраслей и объемов производства, обеспечивающее среднегодовой прирост продукции сельского хозяйства на период 2019-2030 гг. – 2,6%; в том числе растениеводства – 2%, животноводства – 3,3% в ценах 2019 г.

В целевом сценарии к 2030 г. будет достигнута самообеспеченность основными продуктами питания, сохранятся небольшие объемы импорта по фруктам, ягодам, сыру и сливочному маслу; экспорт продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности составит 45 млрд. долл. в 2024-2025 гг. [14], около 50 млрд. долл. в 2030 г., главным образом, за счет зерна, мяса, масла растительного, рыбы и рыбной продукции, продукции перерабатывающей промышленности (глубокие и средние переделы). Рыбное хозяйство не рассматривается в модели, для целей расчета доходов от экспорта задается извне. Экспорт зерна (37-50 млн. т) будет ограничен тенденцией роста производства продукции животноводства и использованием зерна на кормовые цели.

\* \* \*

Результаты расчетов по модели были использованы при разработке прогнозных оценок развития производства и экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия в России на 2025 г. и на период до 2030 г., Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года [6]. В рамках уточнения политики долгосрочного развития сельского хозяйства, проведенный анализ позволяет сделать вывод о недостаточности ресурсов и объемов производства, необходимых для достижения национальных целей развития и показателей Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации на 2030 год. В 2019 г. отечественный экспорт составил 24,8 млрд. долл., или 27% валового объема производства продукции сельского хозяйства. При сохранении текущих объемов производства и увеличении экспорта продукции АПК до 45 млрд. долл., на внутреннее потребление остается половина произведенной продукции. Таким образом, для удвоения экспорта необходимо существенно увеличить производство сельскохозяйственной продукции, учитывая задачи насыщения внутреннего спроса.

### Литература / References

1. Минэкономразвития России: Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года. URL: <http://economy.gov.ru/minrec/about/structure/deptmacro/201828113> [Ministry of Economic Development of Russia: Forecast of the socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2036.]
2. Структурно-инвестиционная политика в целях обеспечения экономического роста в России. Монография / Под науч. ред. акад. В.В. Ивантера. М.: Научный консультант, 2017. 196 с. [Structural and Investment Policy in Order to Ensure Economic Growth in Russia. Monograph / Ed. by V.V. Ivanter. Moscow: Nauchnyi Konsul'tant, 2017. 196 s.] (in Russian).
3. Россия на пути к современной динамичной и эффективной экономике. Доклад / Под ред. А.Д. Некипелова, В.В. Ивантера, С.Ю. Глазьева. М., 2013. РАН. URL: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=4f0a07fe-8853-4eda-9428-574f5fcf0654&print=1> [Russia on the Way to a Modern Dynamic and Efficient Economy. Report / Ed. by A.D. Nekipelov, V.V. Ivanter, S.Yu. Glazyev. Moscow: Russ. Acad. Sci., 2013.]
4. Зинченко А.П. Проблемы воспроизводства в сельском хозяйстве России // Проблемы прогнозирования. 2017. № 2. С. 27-35. [A.P. Zinchenko. Studying the problems of economic reproduction in agriculture of Russia // Stud. Russ. Econ. Dev. 2017. Vol. 28. No. 2. Pp. 140-146.]
5. Минэкономразвития России: Сценарные условия, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации и прогнозируемые изменения цен (тарифов) на товары, услуги хозяйствующих субъектов, осуществляющих регулируемые виды деятельности в инфраструктурном секторе, на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy\\_sotsialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya/senarnye\\_usloviya\\_osnovnye\\_parametry\\_prognoza\\_sotsialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_rf\\_na\\_2022\\_god\\_i\\_na\\_planovyy\\_period\\_2023\\_i\\_2024\\_godov.html](https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_sotsialno_ekonomicheskogo_razvitiya/senarnye_usloviya_osnovnye_parametry_prognoza_sotsialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_2022_god_i_na_planovyy_period_2023_i_2024_godov.html) [Ministry of Economic Development of Russia: Scenario conditions, main parameters of the forecast for the socio-economic development of the Russian Federation and projected changes in prices (tariffs) for goods, services of business entities engaged in regulated activities in the infrastructure sector for 2022 and for the planned period 2023 and 2024.]
6. Распоряжение Правительства РФ от 12.04.2020 г. № 993-р «Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_350437/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_350437/) [Decree of the Government of the Russian Federation dated April 12, 2020 No. 993-r On approval of the Strategy for the development of the agro-industrial and fishery complexes of the Russian Federation for the period up to 2030.]
7. Амосов А.И. Планирование интенсивного развития агропромышленного комплекса. Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. М.: Институт экономики, 1988. 312 с. [A.I. Amosov. Doctoral Dissertation in Economics. Moscow: Inst. of Economics, 1988. 312 p.]
8. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве (главы 12, 13, 15) / Под ред. А.М. Гатаулина. М.: Агрпромиздат, 1990. 432 с. [Mathematical Modeling of Economic Processes in Agriculture, chapters 12, 13, 15 / Ed. by A.M. Gataulin. Moscow: Agropromizdat, 1990. 432 p.] (in Russian).
9. Светлов Н.М., Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Влияние изменения климата на размещение отраслей сельского хозяйства России // Проблемы прогнозирования. 2019. № 4. С. 59-74. [N.M. Svetlov, S.O. Siptits, I.A. Romanenko, and N.E. Evdokimova. The effect of climate change on the location of branches of agriculture in Russia // Stud. Russ. Econ. Dev. 2019. Vol. 30. No. 4. Pp. 406-418.]
10. Филатов А.И., Володина Н.Г. Экономико-математическая модель реализации механизма ценообразования на сельскохозяйственную продукцию. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2012. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomiko-matematicheskaya-model-realizatsii-mehanizma-tsenoobrazovaniya-na-selskohozyaystvennyuyu-produktsiyu> [A.I. Filatov and N.G. Volodina, Economic and Mathematical Model for the Implementation of the Pricing Mechanism for Agricultural Products. Moscow: Russ. State Agrarian Univ.-Timiryazev Agricultural Acad., 2012] (in Russian).

11. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А., Вербицкий Ю.С., Мельникова Я.С. К оценке потенциала наращивания аграрного производства и возможных сдвигов в его структуре // Проблемы прогнозирования. 2017. № 6. С. 69-86. [M.Yu. Ksenofontov, D.A. Polzikov, Yu.S. Verbitskii, and Ya.S. Mel'nikova. On the assessment of the potential expansion of agricultural production and its structural shifts // Stud. Russ. Econ. Dev. 2017. Vol. 28, No. 6. Pp. 624-636.]
12. Амосов А.И. Методика прогнозных расчетов для разработки сценариев развития агропромышленного комплекса. М.: ГНУ ВНИИЭСХ, 2008. 31 с. [A.I. Amosov, Methodology of Predictive Calculations for the Formulation of Scenarios for the Development of the Agro-Industrial Complex. Moscow: All-Russ. Research Inst. of Agricultural Economics, 2008. 31 p.] (in Russian).
13. Говтвань О.Д., Ивантер В.В. и др. Сбалансированность народнохозяйственных комплексов (на примере продовольственного комплекса). Препринт. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1984. 80 с. [O.D. Govtvan', V.V. Ivanter et al. Balance of national economic complexes (on the example of the food complex). Preprint. Moscow: Central Economics and Mathematics Inst., USSR Academy of Sciences, 1984.]
14. Указ Президента от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> [Presidential Decree No. 204 dated May 7, 2018 On National Goals and Strategic Objectives for the Development of the Russian Federation for the Period up to 2024.]
15. Харина М., Чекалин В., Серков А. О подходах к прогнозированию потребления продуктов питания населением России // АПК: экономика и управление. 2020. № 1. С. 4-15. [M. Kharina, V. Chekalin, and A.O. Serkov. On approaches to forecasting food consumption by the population of Russia // APK: Ekon. Upravl. 2020. No. 1. Pp. 4-15.]
16. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве: Сб. М.: Росинформагротех, 2008. 316 с. [Regulatory and Reference Materials for the Planning of Mechanized Work in Agricultural Production: Collector. Moscow: Rosinformagrotekh, 2008. 316 p.] (in Russian)
17. Технологические карты возделывания сельскохозяйственных культур. Справ. / Сост. И.М. Курочкин, Д.В. Доровских. Тамбов: Изд-во ВПО «ТГТУ», 2011. 96 с. [Technological Maps of Cultivation of Agricultural Crops. Directory / Compiled by I. M. Kurochkin and D.V. Dorovskikh. Tambov: State Technical Univ., 2011. 96 p.] (in Russian).
18. Сайт завода Ростсельмаш URL: <https://rostselmash.com> [Rostselmash plant website.]
19. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения в России на период до 2030 года. URL: <http://government.ru/docs/28393/> [Strategy for the development of agricultural engineering in Russia for the period up to 2030.]
20. Прогноз научно-технологического развития АПК РФ до 2030 года. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-nauchno-tehnologicheskoy-politiki-i-obrazovaniya/industry-information/info-prognoz-nauchno-tehnicheskogo-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-do-2030-goda/> [Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation until 2030.]
21. Национальный доклад. О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы. URL: <http://government.ru/docs/37271/> [National report, On the progress and results of the implementation in 2018 of the State Program for the Development of Agriculture and the Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food for 2013-2020.]



Статья поступила 30.09.2021. Статья принята к публикации 10.01.2022.

**Для цитирования:** И.Г. Ушачёв, М.В. Харина, В.С. Чекалин. Долгосрочный прогноз развития сельского хозяйства России на базе экономико-математической модели // Проблемы прогнозирования. 2022. № 3(192). С. 64-77.

DOI: 10.47711/0868-6351-192-64-77

## Summary

### LONG-TERM FORECAST OF AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN RUSSIA BASED ON AN ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL

**I.G. USHACHEV**, Academician of RAS, All-Russian Research Institute of Agricultural Economy (ARRIAE), Moscow, Russia

**M.V. KHARINA**, Cand. Sci. (Econ.), All-Russian Research Institute of Agricultural Economy (ARRIAE), Moscow, Russia

**V.S. CHEKALIN**, Cand. Sci. (Econ.), All-Russian Research Institute of Agricultural Economy (ARRIAE), Moscow, Russia

**Abstract:** This article presents a long-term forecast for the development of agriculture based on a linear optimization model. In ARRIAE, this model is applied to make long-term forecasts for the development of agriculture and individual agro-based industries. The proposed model (partial equilibrium) is used to optimize the distribution of tangible and cost resources in agriculture by the criterion of maximizing food consumption for the population of Russia. The guidelines for compiling a long-term forecast were macroeconomic parameters and directions of the long-term development in the national economy including the agroindustrial complex described in [1–6]. Model calculations were used in designing the Strategy for the Development of the Agro-Industrial and Fishery Complexes of the Russian Federation for the period up to 2030 [6] in terms of forecast volumes and indices of agricultural development for 2030. The forecast was made for two scenarios: target (optimistic) and «no-change» (pessimistic), depending on the emerging system of relations in the sector and in the Russian economy.

**Keywords:** long-term forecast, economic and mathematical model, agro-industrial complex, agriculture.

Received 30.09.2021. Accepted 10.01.2022.

**For citation:** *I.G. Ushachev, M.V. Kharina, and V.S. Chekalin. Long-term Forecast of Agricultural Development in Russia Based on an Economic and Mathematical Model // Studies on Russian Economic Development. 2022. Vol. 33. No. 3. Pp. 282-292.*

DOI: 10.1134/S1075700722030157.