

Клюкин Н.Ю., Гутников В.А.

Оценка биологической емкости агросферы с целью определения предельной численности населения Земли

Клюкин Николай Юрьевич — начальник отдела мониторинга ФГБУ, Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Москва, РФ.

E-mail: nkljukin@gmail.com

SPIN-код РИНЦ: [1380-9210](#)

Гутников Владимир Анатольевич — кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной и учебной работе, Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Москва, РФ.

E-mail: lomonosov25@rambler.ru

SPIN-код РИНЦ: [3210-4569](#)

Аннотация

Представлена оценка потенциальной численности населения мира на основе потенциальной биологической емкости агросферы: возможного производства зерновых культур, масличных культур и мяса всех видов с использованием методов математической статистики. Расчет коэффициентов множественной регрессии проводился с помощью программного пакета анализа данных Statistica 7. В работе показано, что проблемы накормить практически любое население мира нет, есть проблема равномерности распределения выращенных продуктов питания по территории планеты. Согласно выводам, представленным в работе, возможности сельского хозяйства мира позволяют прокормить население, превышающее прогнозы С.П. Капицы и Д.Х. Медоуз и Д.Л. Медоуз на 14 млрд человек, при условии, что население мира питается, согласно нормативу Минздрава РФ: 100 кг на человека в год зерновых и 47,9 кг мяса на человека в год.

Ключевые слова

Оценка, прогноз, агросфера, биологическая емкость, численность населения мира, мировое сельское хозяйство, производство зерновых и масличных культур, производство мяса.

Оценка потенциальной численности населения мира до настоящего времени оценивалась с позиций численности населения как физической функции¹ или на основе ряда параметров, включая сельское хозяйство². Д. Медоуз³ в своей модели World3 не

¹ Капица С.П. Рост населения Земли как глобальная проблема. Глобальные экологические проблемы на рубеже XXI в / под ред. А.Л. Яншина. М.: Наука, 1998; Капица С.П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. Очерк теории роста человечества. М.: Наука, 1999; Дольник В.Р. Существуют ли биологические механизмы регуляции численности людей? // Природа. 1992. № 6. С. 3–16; Акимова Т.А. Хаскин В.В. Основы экоразвития. М.: Российская экономическая академия, 1994; Вишневецкий А. Россия на мировом демографическом переходе // Научный семинар «Экономическая политика в условиях переходного периода» [Электронный ресурс] 27.02.2007. URL: https://www.hse.ru/data/370/900/1235/seminar_27.02.2008.pdf (дата обращения 10.03.2018); Северцов А.С. Динамика численности человечества с позиции популяционной экологии животных // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. 1992. № 6 (27). С. 3–17;

² Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рэндерс Й. За пределами роста. М.: Прогресс, 1994; Dixon L.E., Greenwood J.R., Bencivenga S., et al. TEOSINTE BRANCHED1 Regulates Inflorescence Architecture and Development in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) / American Society of Plant Biologists [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://www.plantcell.org/content/early/2018/02/14/tpc.17.00961/tab-article-info> (дата обращения: 15.03.2018).

³ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л. Пределы роста. 30 лет спустя. М.: Академкнига, 2007.

предполагал роста производительности труда в сельском хозяйстве и прогнозировал голод уже во второй половине XXI века. Модель World3 уже критиковали⁴ за отсутствие данных по росту урожайности культур, которое растет опережающими темпами. В нашей предыдущей работе мы показали, что текущее производство продуктов питания, в частности, зерновых культур, мяса и рыбы вполне достаточно для нормального пропитания населения мира⁵, проживающего на Земле на современном этапе развития цивилизации.

Однако население мира постоянно растет: по данным ООН⁶, население мира к 2040 году вырастет почти на 2 млрд, согласно линейной экстраполяции имеющихся показателей (рисунок 1). Для объективной оценки потенциальной численности населения мира необходимо оценить возможности мирового сельского хозяйства — агросферы⁷, а именно производство зерновых и масличных культур плюс производство мяса, используя доступные мировые статистические данные⁸, проанализированные авторами на основе составленных ими таблиц 1–9 и рисунков 1–4.

Зерновые культуры (60,5%) и масличные шроты (19,7%) вместе занимают более 80% современного рациона скота и птицы и являются главными культурами, необходимыми для пропитания населения⁹. За период с 1961 по 2014 гг. доля шротов масличных культур выросла с 3% до 20% (рисунок 2). Высокое содержание белка в шротах (до 50%) повышает питательную ценность кормов и позволяет ускорить выращивание мясных видов животных (например, говядину, свинину) и птицы.

Оценка объема производства зерновых и масличных культур сделана на основе потенциальной урожайности, так как это ключевой фактор в любых условиях. Производство мяса оценивается на основе площади пастбищ и использования зерновых и масличных культур для откорма скота и птицы. Урожайность зерновых и потенциальный объем производства мяса оценивались уравнениями множественной

⁴ Atkisson A. Believing Cassandra: How to be an Optimist in a Pessimist's World. New York: Routledge, 2010. P. 13; Данилов-Данильян В.И., Рейф И.Е. Биосфера и цивилизация. М.: ООО «Изд-во Энциклопедия», 2016.

⁵ Клюкин Н.Ю., Гутников В.А. Динамика сельскохозяйственных ресурсов мира // Государственное управление. Электронный вестник. 2017. № 64. С. 159–176.

⁶ ООН. World Population Prospects, ред. 2015 года // United Nations Econ Soc Aff. 2015. Т. 33. № 2. С. 1–66.

⁷ Миркин Б.М. Спираль истории агросферы // Природа. 1991. № 1. С. 34; Ковалев Е.В. Глобальная продовольственная проблема // Мировая экономика и международные отношения. 2004. № 10. С. 26–34.

⁸ Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018); Foreign Agricultural Service / USDA [Электронный ресурс] 2017. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery> (дата обращения: 15.03.2018).

⁹ Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018).

регрессии на основе параметров: удельное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений, доли сельскохозяйственных земель, оборудованных для ирригации, доли паров, площадь пастбищ, доля зерновых и масличных культур на корм скоту.

В данной модели не учитываются экономические и социальные условия жизни населения и прецессия климатических флуктуаций. Оценка ведется исключительно по возможности обеспеченности населения продуктами питания — зерновыми, масличными и мясом. Для построения регрессионной модели выбран ряд показателей за период с 1961 по 2015 г. Расчет коэффициентов множественной регрессии проводился с помощью программного пакета анализа данных Statistica 10.

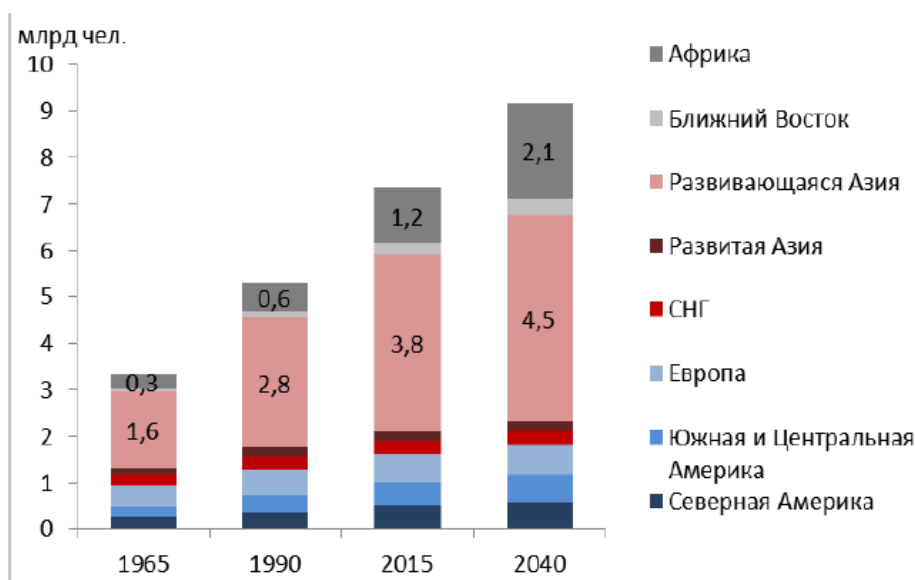


Рисунок 1. Динамика населения мира по регионам с 1965 по 2040 год¹⁰

В формировании урожайности зерновых культур участвуют показатели доли поливных земель, доля паров и вносимые дозы удобрений. При построении множественной регрессии зависимости урожайности от всех этих параметров получены коэффициенты уравнения, которые приведены в таблице 1.

¹⁰ Прогноз развития энергетики мира и России 2016 / под ред. А.А. Макарова, Л.М. Григорьева, Т.А. Митровой; М.: ИНЭИ РАН–АЦ при Правительстве РФ, 2016.

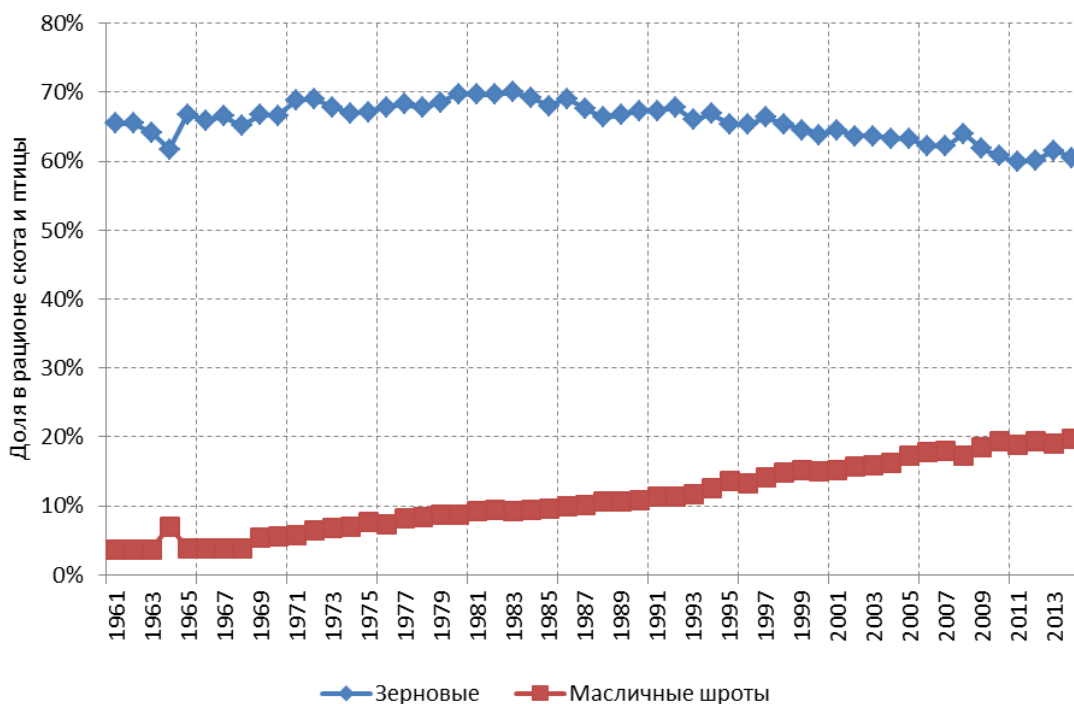


Рисунок 2. Изменение доли зерновых культур и шротов масличных культур в рационе скота и птицы (составлено авторами на основе анализа данных¹¹)

Таблица 1. Коэффициенты уравнения множественной регрессии для расчета среднемировой урожайности зерновых культур (составлено авторами на основе анализа данных¹²)

	Коэффициенты	P-Значение
Y-пересечение	0,524	0,314
C2	13,100	$5 \cdot 10^{-7}$
C4	-2,469	0,006
C6	0,009	0,151
C7	0,012	0,556
C8	-0,022	0,171

При $R^2 = 0,989$ и уровне значимости критерия Фишера $F = 1,22 \cdot 10^{-45}$

Где:

C2 — Доля поливных земель от общей площади обрабатываемой земли;

C4 — Доля паров от общей площади пахотных земель;

C6 — Внесение азотных удобрений, кг/га;

C7 — Внесение фосфорных удобрений, кг/га.

C8 — Внесение калийных удобрений, кг/га.

¹¹ Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018).

¹² Там же.

Коэффициенты при параметрах С4 (доля паров) и С8 (калийные удобрения) отрицательные, т.е. при увеличении доли паров и увеличении дозы калийных удобрений урожайность зерновых культур будет снижаться — это противоречит логике. Критерий Фишера (F) для параметров С6, С7 и С8 больше 0,05, что говорит о нулевом влиянии внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений на показатель урожайности — это также противоречит логике. Объяснение нелогичности получаемых коэффициентов регрессии кроется в относительности тесноты связи параметров с рассчитываемой величиной. Из таблицы 1 видно, что коэффициенты корреляции больше 0,9, за исключением показателя средней мировой дозы внесения калийных удобрений на гектар пашни (0,84). На самом деле калийные удобрения реже вносятся под зерновые и в основном только при резком недостатке калия в почве. Всем известно, что калийные удобрения вносятся в обязательном порядке под овощи. Наиболее важны для зерновых азотные и фосфорные удобрения, но азотные даже важнее, так как подкормки по листу на «урожайность» и на «качество» делают жидкими азотными удобрениями, такими как КАС (карбамидно-аммиачная смесь). Поэтому влияние азотных удобрений оказывается сильнее влияния фосфорных удобрений и паров. С парами ситуация возникает обратная — так как корреляция показывает линейную зависимость между выборками, то снижение доли паров в данном случае начинает работать против логики сельского хозяйства, и коэффициент при этой переменной становится отрицательным. Такого быть не может, и переменная «доля паров» исключается из расчета. В таблице 2 приведена эволюция уравнения множественной регрессии средней урожайности зерновых культур по миру с учетом вышеприведенной логики.

Таблица 2. Эволюция уравнения множественной регрессии для расчета средней мировой урожайности зерновых культур (составлено авторами на основе анализа данных¹³)

<i>Итерация 1</i>			<i>Итерация 2</i>			<i>Итерация 3</i>		
$R^2=0,989$ $F=1*10^{-45}$			$R^2=0,987$ $F=4*10^{-47}$			$R^2=0,987$ $F=8*10^{-49}$		
	<i>Коэф-ты</i>	<i>Кр-рий F</i>		<i>Коэф-ты</i>	<i>Кр-рий F</i>		<i>Коэф-ты</i>	<i>Кр-рий F</i>
Y	0,524	0,314	Y	-0,769	$2,6*10^{-4}$	Y	-0,762	$9,1*10^{-7}$
C2	13,100	$5,2*10^{-7}$	C2	17,015	$1,3*10^{-14}$	C2	16,974	$4,5*10^{-17}$
C4	-2,469	0,006						
C6	0,009	0,151	C6	0,006	0,203	C6	0,006	0,019
C7	0,012	0,556	C7	0,000	0,958			
C8	-0,022	0,171						

¹³ Там же.

Параметры для расчета урожайности зерновых были подобраны таким образом, чтобы уравнение имело логичный вид. Для расчета были выбраны доля земель под ирригацией и показатель удельного внесения азотных удобрений в пересчете на 100% действующего вещества. Коэффициенты уравнения множественной регрессии представлены в таблице 3.

Таблица 3. Окончательные коэффициенты уравнения множественной регрессии для расчета среднемировой урожайности зерновых культур (составлено авторами на основе анализа данных¹⁴)

	Коэффициенты	Критерий F
Y-пересечение	-0,7615	$9 \cdot 10^{-7}$
C2	16,9736	$4 \cdot 10^{-17}$
C6	0,0059	0,0194

$R^2 = 0,987$ и уровне значимости критерия Фишера $F = 8 \cdot 10^{-49}$

Уравнение имеет вид:

$$C9 = 16,9736 * C2 + 0,0059 * C6 - 0,7615 \quad (1)$$

Где:

C9 — урожайность зерновых культур, т/га;

C2 — доля земель под ирригацией;

C6 — внесение азотных удобрений кг/га.

Расчет урожайности масличных культур методом множественной регрессии

На урожайность масличных культур влияют те же параметры, что и на зерновые: доли поливных земель, доля паров и вносимые дозы удобрений. В силу относительности влияния параметров ирригации, паров и удобрений на среднюю мировую урожайность масличных культур в уравнении множественной регрессии для расчета средней мировой урожайности масличных культур остался только параметр C6 — среднее мировое внесение азотных удобрений. Эволюция уравнения множественной регрессии для расчета средней мировой урожайности масличных культур приведена в таблице (4).

В таблице 4 в первой итерации уравнения множественной регрессии показатели критерия Фишера больше 0,05, кроме параметра C2 (доля земель, оснащенных для ирригации), где критерий Фишера – 0,014. Это говорит о наиболее сильном влиянии ирригации в выращивании масличных; особенно это проявляется в

¹⁴ Там же.

США и в Китае, где сою выращивают, в том числе, на землях, оснащенных для полива. Это не говорит о том, что под масличные не вносят удобрения и не сеют по пару, просто при поливе урожайность сои будет максимальной, а цена сои на мировом рынке в два-три раза превышает стоимость пшеницы и кукурузы. То есть с поливом выращивать сою наиболее выгодно экономически. На основании урожайности зерновых рассчитывается урожай зерновых и количество зерновых, которое может пойти на корм скоту и птице.

Таблица 4. Эволюция уравнения множественной регрессии для расчета средней мировой урожайности масличных культур (составлено авторами на основе анализа данных¹⁵)

Итерация	1		2		3	
	1961–2013		1961–2013		1976–2013	
<i>R-квадрат</i>	0,917		0,860		0,908	
<i>Значимость F</i>	1*10 ⁻²⁴		7*10 ⁻²⁴		9*10 ⁻²¹	
	<i>Коэф-ты</i>	<i>Кр-рий F</i>	<i>Коэф-ты</i>	<i>Кр-рий F</i>	<i>Коэф-ты</i>	<i>Кр-рий F</i>
Y-пер-е	0,240	0,749	0,516	4,9E-14	0,184	1,4E-02
C2	8,353	0,014				
C4	-1,510	0,232				
C6	0,000	0,979	0,018	6,9E-24	0,024	8,6E-21
C7	0,012	0,672				
C8	-0,017	0,454				

Где:

C2 — Доля поливных земель от общей площади обрабатываемой земли;

C4 — Доля паров;

C6 — Среднее мировое внесение азотных удобрений, кг/га;

C7 — Среднее мировое внесение фосфорных удобрений, кг/га;

C8 — Среднее мировое внесение калийных удобрений, кг/га.

Согласно анализу данных FAOSTAT¹⁶ доля зерновых культур, используемая на корм скоту, находится на том же уровне, что и 60 лет назад (рисунок 4), снижаясь с максимумов середины семидесятых годов XX века (39,5%). Снижение доли зерновых, выделяемых на производство мяса, связано с ростом доли масличных шротов как ценной белковой добавки в рацион животных и птиц.

¹⁵ Там же.

¹⁶ Там же.

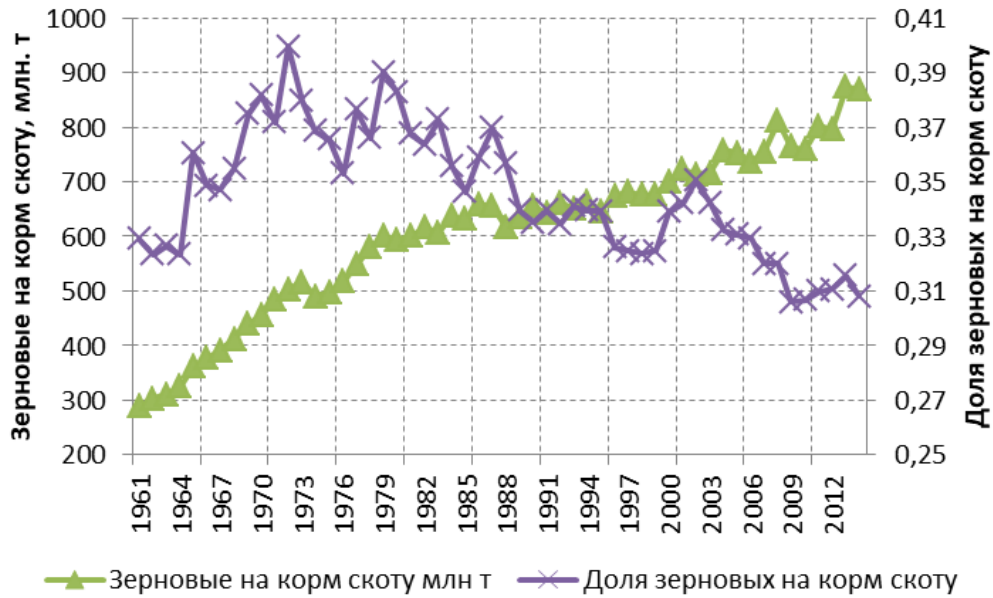


Рисунок 3. Динамика доли зерновых культур на корм скоту (составлено авторами на основе анализа данных¹⁷)

Уравнение регрессии средней мировой урожайности масличных культур приведено в таблице 3, третья итерация имеет вид:

$$C10 = 0,024 * C6 + 0,184 \quad (2)$$

Где:

C10 — урожайность масличных культур, т/га, C6 — удельное внесение азотных удобрений, кг/га.

Для расчета производства мяса на основании уравнения множественной регрессии как производного количества зерновых культур и масличных шротов, направляемых на корм скоту и птице, коэффициенты уравнения представлены в таблице 5.

Таблица 5. Коэффициенты уравнения множественной регрессии для расчета мирового производства мяса (составлено авторами на основе анализа данных¹⁸)

	Коэффициенты	Кр-рий F
У-пересечение	38,983	3E-07
C11	0,070	6E-05
C13	0,825	2E-31

$R^2 = 0,992$ и уровне значимости критерия Фишера $F = 6 * 10^{-54}$

¹⁷ Там же.

¹⁸ Там же.

Уравнение имеет вид:

$$C20 = 0,070 * C11 + 0,825 * C13 + 38,983 \quad (3)$$

Где:

C11 — количество зерновых культур на корм скоту, млн т;

C13 — количество шротов масличных культур на корм скоту, млн т;

C20 — производство мяса в мире, млн т.

Масличные культуры получили широкое распространение в 50–60х годах XX века, когда появилась технология откорма животных и птиц высокобелковыми кормами с целью получения высокого привеса у животных на откорме, а также промышленный откорм птиц¹⁹.

Для расчета прогноза обеспеченности населения мира продуктами питания составлена система уравнений, представленная в таблицах 6 и 7. В настоящий момент земли, оборудованные для ирригации, занимают 23% от площади обрабатываемой земли, рост с 1961 по 2017 гг. составил 200%, и этот рост продолжается. Это говорит о понимании важности полива, который позволяет получать урожайность культур, близкую к лабораторной — 80–100 ц/га пшеницы. Поэтому в модели использован показатель доли поливных земель 0,3 (30%).

Площадь зерновых культур почти всегда занимала половину обрабатываемых земель — показатель доли площади под зерновыми культурами принят за 0,5. Площадь масличных культур с 1961 по 2017 гг. выросла с 31 до 258 млн га и достигла 18%. Площадь масличных культур — наиболее быстро растущий показатель современного сельского хозяйства. Важность масличных культур трудно переоценить для получения шротов, высокобелковых компонентов рациона животных и птиц. В модели параметр доли площади масличных культур принят за 0,25. Вероятно, это низкий показатель, но для увеличения его требуется серьезное обоснование, так как соя, например, требует особых климатических условий с осадками более 600 мм.

¹⁹ Шнаар Д. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование). М.: Агродело, 2008.

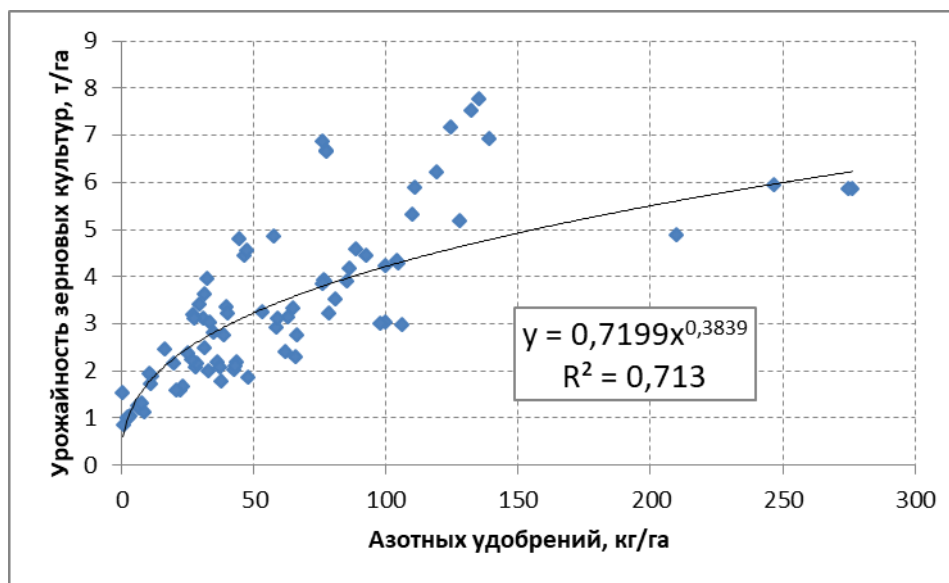


Рисунок 4. Зависимость урожайности зерновых культур от внесения азотных удобрений по регионам мира. 2002, 2013, 2014, 2015 годы (составлено авторами на основе анализа данных²⁰)

Коэффициент доли зерновых, отчуждаемых на корм скоту, оставили на текущем уровне 0,4. На семена необходимо около 200 кг/га, при урожайности 5,2 т/га — это дает коэффициент, равный 0,04. Коэффициент конечных остатков принят равным 0,25. С 1961 по 2017 гг. доля отношения конечных остатков к производству колебалось с 0,02 в годы неурожая до 0,34, когда урожай был очень хороший.

Урожайность зерновых культур рассчитывается по формуле (1).

Урожайность масличных культур рассчитывается по формуле (2).

Масличные культуры используются на корм скоту двумя способами — в цельных зернах и в форме шротов. В зерновой форме масличные скармливаются на 8%, коэффициент 0,08.

Шроты в зависимости от содержания масла и технологии экстракции составляют от 45% до 54%, коэффициент в модели принят 0,5. На корм скоту используется 86% масличных шротов, коэффициент 0,86, остальное идет в пищу населению. Норма зерновых культур в рационе человека принята за 100 кг/чел в год на основании рекомендации Минздрава России, где рекомендуется съесть 96 кг зерновых в разных формах — мука, макароны и т.д.²¹ Расчет численности населения (X19)

²⁰ Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018).

²¹ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19.08.2016 № 614 "Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания" // ГАРАНТ.РУ [Информационно-правовой портал]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (дата обращения: 09.03.2018).

ведется по обеспеченности зерновыми после выделения на корм скоту, на семена и конечных остатков по формуле 4:

$$X19 = (X7-X8-X9-X10)*1000/X17 \quad (4)$$

Первый вариант расчета прогноза обеспеченности населения мира продуктами питания приведен в таблице 6.

Таблица 6. Система уравнений для расчета предельной численности населения мира. Вариант 1²²

Показатель	Размерность	Знач.	Перем.	Уравнение
Земля в обработке	млн га	1 800,0	x1	
Ирригация	млн га	540,0	x2	=X1*0,3
Зерновые, площадь	млн га	900,0	x3	=x1*0,5
Масличные, площадь	млн га	450,0	x4	= X1*0,25
Азотные удобрения	кг/га	150,0	x5	=X6*25
Урожайность зерновых	т/га	5,2	x6	=Y+X2*16,97+X5*0,0059 (1)
Урожай зерновых	млн т	4 695,6	x7	=X3*X6
Зерновые на корм скоту	млн т	1 878,2	x8	=X7*0,4
Зерновые на семена	млн т	140,9	x9	=X7*0,03
Зерновые конечн. ост.	млн т	1 173,9	x10	=X7*0,25
Урожайность масличные	т/га	3,7	x11	=X5*0,024+0,184 (2)
Урожай масличные	млн т	1 669,4	x12	=X11*X4
Масл скоту	млн т	133,6	x13	=X12*0,08
Шроты масличных	млн т	767,9	x14	=(X12-X11)*0,5
Шроты на корм скоту	млн т	660,4	x15	=X14*0,86
Мясо производство	млн т	714,6	x16	=X8*0,0698+X15*0,825+38,983 (3)
Норма зерновых	кг/чел в год	100	X17	
Норма мяса	кг/чел в год	47,6	X18	=X16*1000/X19
Население по зерну	млн чел.	15 026,0	X19	=(X7-X8-X9-X10)*1000/X17 (4)

Результаты расчета биологической емкости агросферы в случае прироста урожайности зерновых культур до 5.2 т/га и масличных культур до 3.7 т/га показывают, что население мира может составить 15 млрд человек при условии, что люди на Земле питаются, согласно нормативу Минздрава РФ: 100 кг на человека в год зерновых и 46,7 кг мяса на человека в год. По данным ФАО²³, текущее потребление мяса на человека в год в мире в среднем составляет 44,2 кг ²⁴.

²² Составлено авторами на основе анализа данных: Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018).

²³ Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018).

²⁴ Клюкин Н.Ю., Гутников В.А. Динамика производства мясной продукции в мире // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 4. С. 57–62.

Второй вариант прогноза обеспеченности населения мира продуктами питания содержит допущения по средней мировой урожайности зерновых в 8 т/га, который вполне достижим. В 2017 г. средняя урожайность зерновых культур находится на уровне 3,9 т/га, в то время как в 1961 году урожайность зерновых была 1,3 т/га²⁵.

Второй вариант расчета прогноза обеспеченности населения мира продуктами питания приведен в таблице 7.

Таблица 7. Система уравнений для расчета предельной численности населения мира. Вариант 2 ²⁶

Показатель	Размерность	Знач.	Перем.	Уравнение
Земля в обработке	млн га	1 800,0	x1	
Ирригация	млн га	540,0	x2	=X1*0,3
Зерновые, площадь	млн га	900,0	x3	=x1*0,5
Масличные, площадь	млн га	450,0	x4	= X1*0,25
Азотные удобрения	кг/га	200,0	x5	=X6*25
Урожайность зерновых	т/га	8,0	x6	=Y+X2*16,97+X5*0,0059
Урожай зерновых	млн т	7 200,0	x7	=X3*X6
Зерновые на корм скоту	млн т	2 880,0	x8	=X7*0,4
Зерновые на семена	млн т	180,0	x9	=X7*0,03
Зерновые конечн. ост.	млн т	1 800,0	x10	=X7*0,25
Урожайность масличные	т/га	6	x11	=X5*0,024+0,184
Урожай масличные	млн т	2 700,0	x12	=X11*X4
Масл скоту	млн т	216,0	x13	=X12*0,08
Шроты масличных	млн т	1 242,0	x14	=(X12-X11)*0,5
Шроты на корм скоту	млн т	1 068,1	x15	=X14*0,86
Мясо производство	млн т	1 120,7	x16	=X8*0,0698+X15*0,825+38,983
Норма зерновых	кг/чел в год	100	X17	
Норма мяса	кг/чел в год	47,9	X18	=X16*1000/X19
Население по зерну	млн чел.	23 400,0	X19	=(X7-X8-X9-X10)*1000/X17

По расчету варианта 2 в случае прироста урожайности зерновых культур до 8 т/га и масличных культур до 6 т/га население мира может составить 23,4 млрд человек при условии, что они питаются согласно нормативу Минздрава РФ: 100 кг на человека в год зерновых и 47,9 кг мяса на человека в год²⁷.

²⁵ Foreign Agricultural Service / USDA [Электронный ресурс] 2017. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery> (дата обращения: 15.03.2018).

²⁶ Составлено авторами на основе анализа данных: Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018).

²⁷ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19.08.2016 № 614 "Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания" // ГАРАНТ.РУ [Информационно-правовой портал]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (дата обращения: 09.03.2018).

Человек питается не только зерновыми и мясом, в его рацион также входят рыба, молочные продукты, овощи и фрукты. Наличие разнообразия в рационе питания увеличивает устойчивость к выживанию, поэтому численность населения мира может быть несколько больше.

В приведенной модели потенциала агросферы нет оснований увеличивать рост урожайности еще больше, так как по ним нет адекватной или полной мировой статистики. Эти параметры включают эффективность применения пестицидов, эффективность в мировом масштабе видов применения удобрений — в почву, по листу, форма внесения. Статистики по внесению в почву и по листу микроэлементов нет.

Выводы:

1. Представленный авторами данной статьи прогноз (вариант 1) показал, что при урожайности зерновых 5,2 т/га и масличных 3,7 т/га культур земельные ресурсы позволяют прокормить 15 млрд человек.
2. Прогноз 2 — при росте урожайности зерновых до 8 т/га и масличных до 6 т/га население может вырасти до 23,4 млрд чел.
3. Возможности сельского хозяйства мира позволяют прокормить население, превышающее прогнозы С.П. Капицы и Д.Х. Медоуз и Д.Л. Медоуз на 14 млрд человек.
4. Проблемы накормить практически любое население мира нет, существует проблема равномерности распределения выращенных продуктов питания по территории планеты.
5. Мясных продуктов для полноценного рациона населения мира не хватает и не будет хватать, так как выращивание мяса — постоянно отстающая отрасль. Требуется увеличение доли птицы в производстве мяса, так как конверсия кормов в птицеводстве значительно выше.
6. При текущем производстве удобрений 110 млн тонн в год/га прогнозируемая урожайность зерновых потребует дополнительного производства азотных удобрений в количестве 90 млн тонн при внесении 140 кг/га (вариант прогноза 1) и 173 млн тонн при внесении 200 кг/га (вариант прогноза 2).

Список литературы:

1. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19.08.2016 № 614 "Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания" // ГАРАНТ.РУ [Информационно-правовой портал]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (дата обращения: 09.03.2018).
2. *Акимова Т.А. Хаскин В.В.* Основы экоразвития. М.: Российская экономическая академия, 1994.
3. *Вишневский А.* Россия на мировом демографическом переходе // Научный семинар «Экономическая политика в условиях переходного периода» [Электронный ресурс] 27.02.2007. URL: https://www.hse.ru/data/370/900/1235/seminar_27.02.2008.pdf (дата обращения 10.03.2018).
4. *Данилов-Данильян В.И., Рейф И.Е.* Биосфера и цивилизация. М.: ООО «Изд-во Энциклопедия», 2016.
5. *Дольник В.Р.* Существуют ли биологические механизмы регуляции численности людей? // Природа. 1992. № 6. С. 3–16.
6. *Катица С.П.* Рост населения Земли как глобальная проблема. Глобальные экологические проблемы на рубеже XXI в / под ред. А.Л. Яншина. М.: Наука, 1998.
7. *Катица С.П.* Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. Очерк теории роста человечества. М.: Наука, 1999.
8. *Клюкин Н.Ю., Гутников В.А.* Динамика сельскохозяйственных ресурсов мира // Государственное управление. Электронный вестник. 2017. № 64. С. 159–176.
9. *Клюкин Н.Ю., Гутников В.А.* Динамика производства мясной продукции в мире // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 4. С. 57–62.
10. *Ковалев Е.В.* Глобальная продовольственная проблема // Мировая экономика и международные отношения. 2004. № 10. С. 26–34.
11. *Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л.* Пределы роста. 30 лет спустя. М.: Академкнига, 2007.
12. *Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рэндерс Й.* За пределами роста. М.: Прогресс, 1994.
13. *Миркин Б.М.* Спираль истории агросферы // Природа. 1991. № 1. С. 34.
14. ООН. World Population Prospects, ред. 2015 года // United Nations Econ Soc Aff. 2015. Т. 33. №. 2. С. 1–66.

15. Прогноз развития энергетики мира и России 2016 / под ред. А.А. Макарова, Л.М. Григорьева, Т.А. Митровой; М.: ИНЭИ РАН–АЦ при Правительстве РФ, 2016.
16. *Северцов А.С.* Динамика численности человечества с позиции популяционной экологии животных // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. 1992. № 6 (27). С. 3–17.
17. *Шнаар Д.* Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование). М.: Агродело, 2008.
18. *Atkisson A.* Believing Cassandra: How to be an Optimist in a Pessimist's World. New York: Routledge, 2010. P. 13.
19. Food and Agricultural Organization of the United Nations / FAOSTAT [Электронный ресурс] 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL> (дата обращения: 25.02.2018).
20. Foreign Agricultural Service / USDA [Электронный ресурс] 2017. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery> (дата обращения: 15.03.2018).
21. *Dixon L.E., Greenwood J.R., Bencivenga S., et al.* TEOSINTE BRANCHEDI Regulates Inflorescence Architecture and Development in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) / American Society of Plant Biologists [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://www.plantcell.org/content/early/2018/02/14/tpc.17.00961/tab-article-info> (дата обращения: 15.03.2018).

Klyukin N.Y., Gutnikov V.A.

Assessment of the Agricultural Sphere Biological Capacity in order to Determine the Limit of the Earth's Population

Nikolay Y. Klyukin — Head of Monitoring Department of the Central Research and Project Institute, Ministry of Building and Housing-Communal Services of Russian Federation, Moscow, the Russian Federation.

E-mail: nkljukin@gmail.com

Vladimir A. Gutnikov — PhD, Deputy Director General on the Advanced and Educational Study of the Central Research and Project Institute, Ministry of Building and Housing-Communal Services of Russian Federation, Moscow, the Russian Federation.

E-mail: lomonosov25@rambler.ru

Annotation

The article presents a schematic estimation of the world population limit on the basis of the potential biological capacity of the agricultural sphere: the possible production of cereals, oilseeds and meat of all kinds using the mathematical statistics methods. The calculation of coefficients of multiple regression was conducted using the software package «Statistica 7» data analysis. The paper shows that there is no problem to feed almost any population of the world, there is a problem of uniformity of food distribution grown on the territory of the planet. According to the conclusions presented in the paper, the possibilities of world agriculture allow feeding the population exceeding the forecasts of Kapitsa And D. H. Medouz and D. L. Medouz by 14 billion people, provided that the world's population eats, according to the standard of the Ministry of health of the Russian Federation: 100 kg per person per year of grain and 47.9 kg of meat per person per year.

Key words

Assessment, prediction, Agrosfera, biological capacity, the world's population, global agriculture, production of grains and oilseeds, the production of meat.