

**ПЛЕХОВ П. В., ПУШКАРЕВА Ю. Д., ЦЫБУЛИН О. Ю.  
МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ  
ПЧЕЛОВОДСТВА В РОССИИ**

*УДК 004.92+638.14.06, ГРНТИ 28.17.19*

Модельное исследование перспектив  
развития пчеловодства в России

Model study of prospects for the  
development of beekeeping in Russia

**П. В. Плехов, Ю. Д. Пушкарева,  
О. Ю. Цыбулин**

**P. V. Plekhov, Yu. D. Pushkareva,  
O. Yu. Tsybulin**

Березниковский филиал  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет», г. Березники

Berezniki branch of the Federal State  
Autonomous Educational Institution  
of Higher Education Perm National  
Research Polytechnic University

*На основе общедоступных статистических данных разработана линейная многофакторная модель производства мёда в Российской Федерации. Годовые ряды данных о факторах проверены корреляционным методом. Проверка прогнозных свойств модели произведена методом постпрогноза. На основе экстраполяции рядов факторов и предположений о их возможных изменениях произведены прогнозы развития отрасли. Предложены изменения управляемых факторов, позволяющие улучшить показатели.*

*A linear multifactorial model of honey production in the Russian Federation has been developed from public available statistical data. Annual series of data on factors were verified using the correlation method. The forecast properties of the model were checked using the post-forecast method. Forecasts for the development of the branch were made by extrapolation of a number of factors and assumptions about their possible changes. Changes to controllable factors are proposed to improve performance.*

**Ключевые слова:** пчеловодство, мёд, моделирование, прогноз, управление

**Keywords:** beekeeping, honey, modeling, forecast, management

## **Введение**

Пчеловодство – это одна из древнейших отраслей сельского хозяйства, которая и по сей день является его неотъемлемой частью. Мед используется в косметологии, медицине, пищевом производстве, растениеводстве и животноводстве, а, следовательно, его значимость для человека велика. Именно поэтому моделирование пчеловодства даст более точное представление о дальнейшем развитии этой отрасли, а также выделит основные факторы, влияющие на него и способы управления ими [1].

В связи с ухудшением климата и медленным ростом сельскохозяйственных угодий статистика собранного меда за последние десять-тринадцать лет выглядит очень удручающе. С каждым годом пчелосемей на пасеках становится меньше, а, следовательно, и большого урожая пчеловоды ожидать не могут. Именно это и является нынешней основной проблемой развития пчеловодства [2].

Целью данной работы было выявление факторов, которые сильнее всего влияют на стремительное снижение получения меда, прогнозирование на несколько лет вперед ситуации и поиск способов ее улучшения.

Если проанализировать статистику, приведенную далее в статье, можно заметить, что спад некоторых показателей начался с 2019 года. Это неудивительно, так как внезапная пандемия оказала огромное отрицательное влияние не только на экономику, политику, но и на сельское хозяйство. Это упоминается и в статье [3], где авторы излагают достаточно правильную мысль о том, что «Пандемия *COVID-19* отрицательно повлияла на ... пчеловодство. Прямые контакты между основными секторами пчеловодческого сообщества ослабли, производственные и логистические цепочки в медовой отрасли были нарушены, возникли трудности с транспортировкой...». Как следствие после 2019-2020 года даже по статистике с сайта Росстат можно сделать вывод, что внезапная пандемия нанесла огромный урон по пчеловодству. Не исключено, что понесшие огромные убытки в те года люди отказались от дальнейшего развития производства меда, что сказалось на статистике дальнейших лет.

Однако нельзя утверждать, что одна лишь пандемия могла негативно влиять на развитие пчеловодства. В статье [4] автором была названа еще одна проблема, которая сильно влияет на годовой сбор меда: «Недостаток пчел ощущается и в Российской Федерации, что негативно сказывается на урожайности продовольственных и технических культур... Пчелоопыление всегда считалось эффективным агротехническим приемом, который ничем нельзя заменить». Особое влияние резкого уменьшения пчелосемей на пасеках будет доказано статистическими данными, которые приведены ниже.

Высока вероятность, что на пчеловодство влияет третий фактор, который упоминается авторами в статье [5]: «В качестве основных причин массовой гибели пчел ученые и пчеловоды-практики называют глобальные изменения, происходящие на поверхности Земли и околоземном пространстве: ухудшение экологии, ... ослабление и гибель пчелиных семей от болезней и вредителей...». Из этого можно сделать вывод, что климат и экология окружающей среды прямым образом влияют на общую численность пчелосемей.

Собирая воедино все вышеперечисленные проблемы, а также выделяя другие факторы, которые тоже поднимаются в научных статьях [6] уже далеко не первый год, можно выделить семь факторов, которые могут влиять на итоговый показатель годового сбора меда:

- 1) численность пчелиных семей на пасеках;
- 2) летний климат и средняя температура за июнь-август в России;
- 3) площадь сельскохозяйственных культур в России;

- 4) распространение пестицидов и гербицидов на сельскохозяйственных угодьях;  
 5) потребительский спрос на натуральные продукты пчеловодства;  
 6) общее количество пасек в России [7].

Ниже приведена таблица с данными с Росстата с 2010 по 2022 года.

Таблица 1. Статистические данные

| Год                                                       | 2010  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  |
|-----------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Кол-во меда, собранного за год (тыс. т) (далее Y)         | 68,6  | 68,7  | 67,8  | 67,01 | 67,2  | 66,3  | 65,9  | 66,1  |
| Численность пчелосемей (тыс. шт) (далее X1)               | 3119  | 3280  | 3006  | 2694  | 2754  | 2598  | 2490  | 2360  |
| Средняя температура (июнь-август) (далее X2)              | 25    | 24    | 24    | 23    | 23    | 23    | 21    | 20    |
| Общая площадь с/х культур (га) (далее X3)                 | 77351 | 79164 | 80421 | 80720 | 80895 | 81202 | 81740 | 81986 |
| Использование пестицидов и гербицидов (тыс. т) (далее X4) | 117,5 | 119,3 | 119,8 | 120,5 | 120,7 | 121,1 | 121,4 | 122,8 |
| Спрос на продукты пчеловодства (тыс. т) (далее X5)        | 75,4  | 76,1  | 75,5  | 74,9  | 73,8  | 72,6  | 72,3  | 70,2  |
| Количество пасек (тыс.) (далее X6)                        | 4,6   | 4,3   | 4,1   | 3,7   | 3,5   | 3,9   | 4,3   | 4,5   |

Отметим сразу, что использовать эти данные в дальнейших расчетах прогнозирования нельзя, так как все они имеют различные единицы измерения, а, следовательно, и значения, что напрямую повлияет на результаты. Для исключения влияния размерности на коэффициенты модели данные нормируются [8] по формуле:

$$z_i = \frac{(X_i - \min(X))}{(\max(X) - \min(X))},$$

где  $z_i$  – это нормированное значение,  $X_i$  – значение из Таблица 1,  $i$  – порядковый номер значения,  $\min(X)$  и  $\max(X)$  – минимальное и максимальное значения в текущей строке соответственно.

Далее необходимо вычислить коэффициенты корреляции между факторами, чтобы при необходимости исключить ряды взаимозависимых факторов.

Таблица 2. Корреляционный анализ

|    | X1      | X2     | X3      | X4      | X5      | X6      |
|----|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| X1 | 1       | 0,8837 | -0,8501 | -0,8879 | 0,8751  | 0,1882  |
| X2 |         | 1      | -0,8438 | -0,9241 | 0,9063  | -0,0871 |
| X3 |         |        | 1       | 0,9623  | -0,7469 | -0,3547 |
| X4 |         |        |         | 1       | -0,8562 | -0,2038 |
| X5 |         |        |         |         | 1       | -0,1251 |
| X6 |         |        |         |         |         | 1       |
| Y  | 0,97421 | 0,8621 | -0,8966 | -0,8879 | 0,8751  | 0,1882  |

В результате вычислений делаем следующие выводы: фактор  $X_1$  имеет высокую степень корреляции с  $X_2$ , аналогичный вывод можно сделать касательно факторов  $X_4$  и  $X_5$ . Однако стоит обратить внимание, что у факторов  $X_3$  и  $X_4$  самая высокая степень корреляции. В дальнейшем анализе фактор  $X_4$  использоваться не будет, так как он является фактором, сильно влияющим на фактор  $X_3$ , который для исследуемой модели является более важным.

Далее необходимо выстроить модель из оставшихся факторов и получить 4 коэффициента.

Формула математической модели:

$$Y(X) = A_0 + A_1 * X_1 + A_2 * X_2 + A_3 * X_3 + A_5 * X_5 + A_6 * X_6$$

Для их нахождения был применен поиск решений в *Excel*.

Таблица 3. Таблица коэффициентов

| $A_0$  | $A_1$  | $A_2$   | $A_3$   | $A_5$   | $A_6$  |
|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 0,1268 | 0,7136 | -0,1518 | 0,09627 | -0,1642 | 0,3205 |

Необходимо теперь обсудить, что означают полученные коэффициенты, использованные при построении модели. Первые два имеют положительный знак, поэтому справедливо их будет отнести к категории полезных факторов. Коэффициент  $A_1$  говорит нам о том, что увеличение численности пчелосемей положительно влияет на итоговые показатели сбора меда. Аналогично можно к полезным отнести коэффициенты  $A_3$  и  $A_6$ , которые говорят, что при увеличении общей площади сельскохозяйственных угодий и спроса граждан на отечественный мед также положительно скажется на графике. Однако коэффициенты  $A_2$  и  $A_5$  относятся к категории вредных факторов. При сильном росте летней температуры, а также увеличении количества используемых пестицидов будет отрицательно влиять на рост графика.

Далее на основе этих коэффициентов построена модель, показанная ниже (Рисунок 1). Здесь и далее на аналогичных графиках по оси абсцисс – порядковый номер года, по оси ординат – нормированное значение реакции модели или её факторов.

Теперь попробуем оценить погрешность постпрогноза [9] и сделать вывод о том, реально ли вообще прогнозировать с применением построенной модели. Получили, что модель имеет погрешность постпрогноза примерно 6,8%, однако сохраняет свой тренд. Более того ближе к концу графика наблюдался рост, несмотря на смоделированный тренд. Однако пока что в целом картина не дает хороших прогнозов.

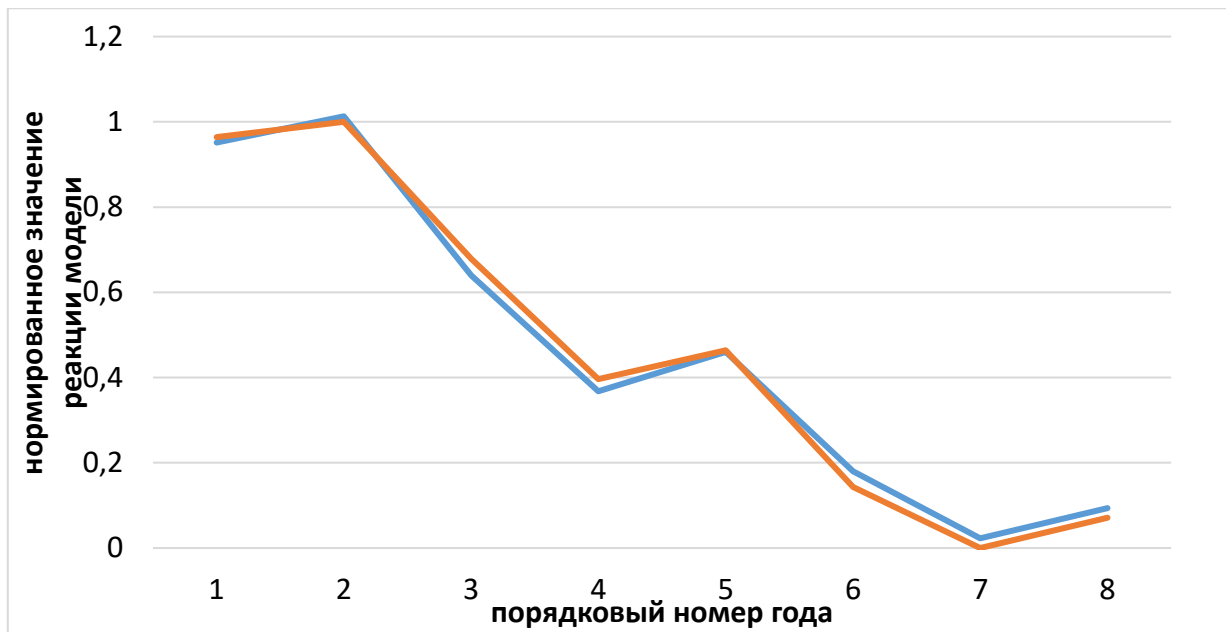


Рисунок 1. Модель данных 2010-2022 гг.

Так как в принципе делать прогнозы развития пчеловодства представляется возможным, то построим модель прогноза на 2023-2024 года. Для этого было использовано математическое моделирование социальных процессов с использованием восьми точек для более точного отслеживания изменений. Перед тем как делать моделирование фактора  $Y$  необходимо сделать прогнозы изменения факторов  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_5$  и  $X_6$ . Полученный график приведен на Рисунок 2.

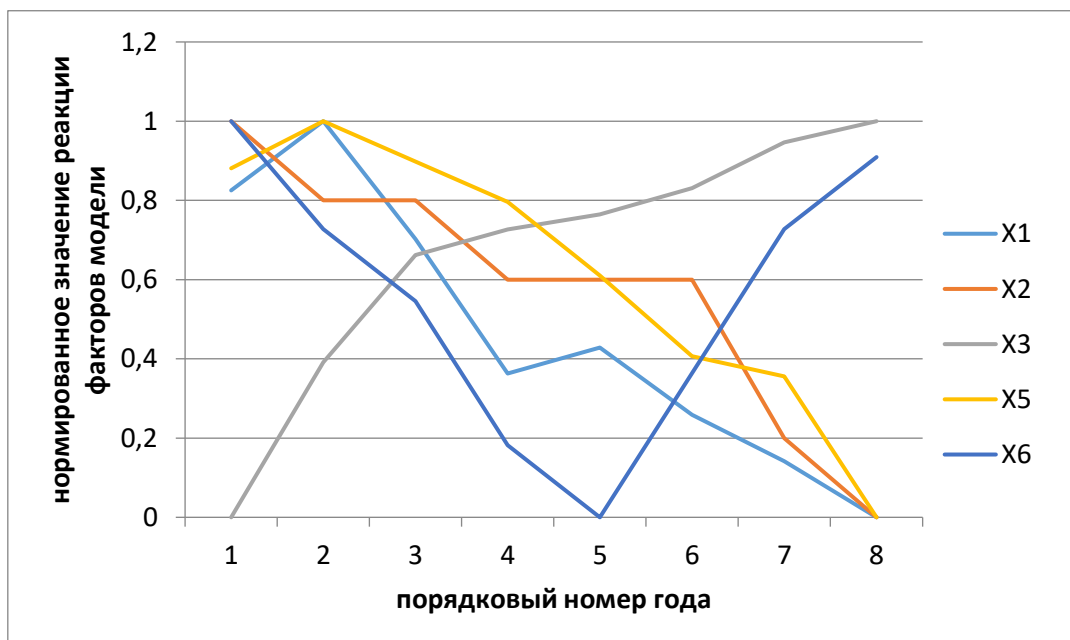


Рисунок 2. Прогноз факторов на 2023-2024 гг.

Как видно из полученных трендов, в основном положительные факторы будут уменьшаться, за исключением фактора  $X_6$ , а вот один из отрицательных

будет продолжать расти. Теперь необходимо определить изменение фактора  $Y$  (Рисунок 3).

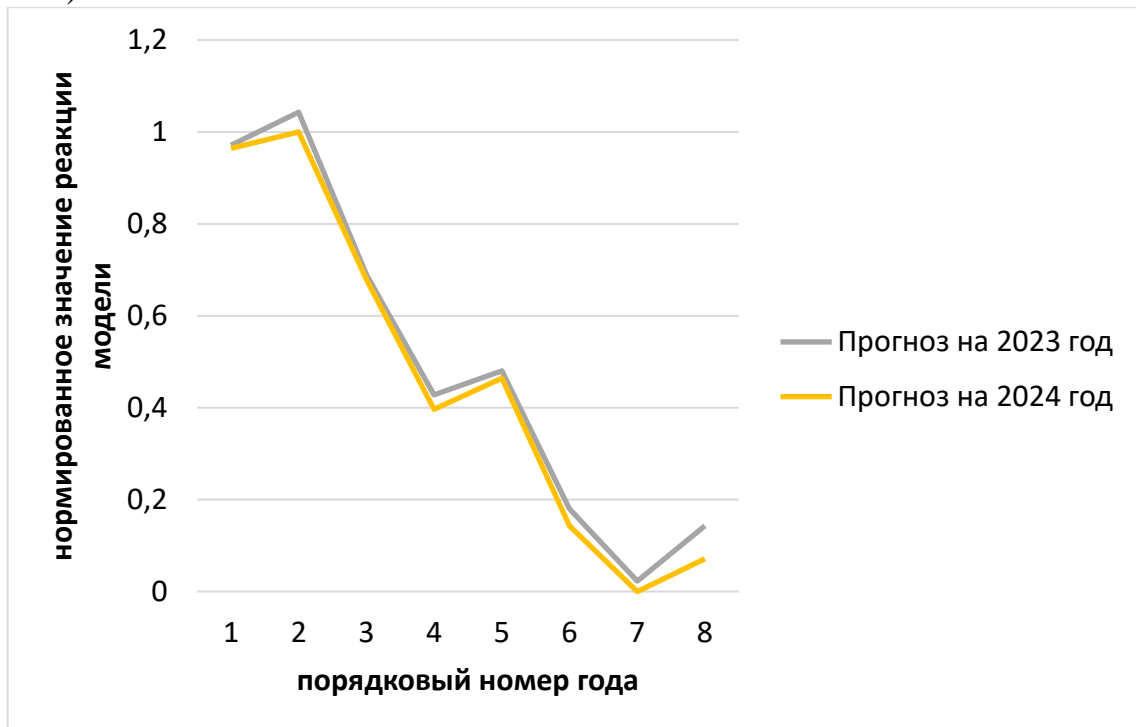


Рисунок 3. Постпрогноз на 2023-2024 гг.

Как и тренды выше, прогнозы на следующие два года остаются неутешительными, хотя можно отметить начало положительного роста, однако крайне медленного, что все же не дает гарантии на улучшение ситуации. Если ничего не предпринимать, то велика вероятность очередного и скорее всего уже полного краха пчелиной отрасли, что принесет огромные убытки как сельскому хозяйству, так и экономике России в целом.

Предпримем попытку спрогнозировать изменение факторов. Для этого были взяты линейные приближения трендов. А далее на основе этих коэффициентов можно попытаться сделать прогнозы (табл. 4).

Таблица 4. Прогноз факторов

|                                         | 2023    | 2024    |
|-----------------------------------------|---------|---------|
| Численность пчелосемей (тыс. шт)        | 0,05756 | 0,0251  |
| Средняя температура (июнь-август)       | 0,13436 | 0,12223 |
| Общая площадь с/х культур (га)          | 1,01457 | 1,01523 |
| Спрос на продукты пчеловодства (тыс. т) | 0,08765 | 0,07623 |
| Количество пасек (тыс.)                 | 0,92012 | 0,9501  |

Отсюда можно сделать вывод о том, что с 2023 года резкое снижение всех факторов прекратится и станет более плавным. Однако нельзя отрицать того факта, что без вмешательства человека линия тренда будет постоянно иметь нисходящее направление.

Для того, чтобы понять, можно ли как-то повлиять на дальнейшие прогнозы, нужно выяснить, сколько составляют возмущения двух неуправляемых факторов:  $X_2$  и  $X_5$ . Данные факторы можно отнести к неуправляемым по той причине, что человек, занятый в отрасли пчеловодства, не способен как-то контролировать летнюю температуру, а на фактор  $X_5$  в большей степени влияет не производитель, а покупатель, так как цена за один литр меда в России сравнительно ниже, чем цена на импортный товар (табл. 5).

Таблица 5. Прогноз влияния неуправляемых факторов  $X_2$  и  $X_5$

|       | -10%   | -5%    | $X_2$  | 5%       | 10%      |
|-------|--------|--------|--------|----------|----------|
| -10%  | 0,0558 | 0,0529 | 0,0506 | 0,0498   | 0,046    |
| -5%   | 0,053  | 0,0514 | 0,0499 | 0,043975 | 0,038645 |
| $X_5$ | 0,509  | 0,0462 | 0,0458 | 0,041415 | 0,037797 |
| 5%    | 0,0481 | 0,0452 | 0,0385 | 0,032741 | 0,030643 |
| 10%   | 0,0394 | 0,0321 | 0,0302 | 0,025014 | 0,023968 |

Из полученных значений делаем заключение, что очень сильно ухудшат ситуацию эти факторы в том случае, если их уменьшение увеличится еще на 10%. Значит нужно с помощью фактора  $X_1$  попытаться нивелировать это ухудшение. Данный фактор был выбран потому, что увеличение числа пчелосемей наиболее простой и быстрый способ ускорить рост тренда, кроме того это тот фактор, на который человек способен повлиять больше всего, при том не затрачивая много средств. Исследование теоретической возможности компенсации факторов  $X_2$  и  $X_5$  отражено в табл. 6.

Таблица 6. Прогноз влияния управляемого факторов  $X_1$

| -10%     | -5%      | $X_1$    | 5%       | 10%      |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,024861 | 0,037785 | 0,041897 | 0,053458 | 0,068462 |

### Заключение

Получив все необходимые данные, можем сделать окончательные выводы о результатах исследования. В ходе работы была построена линейная многофакторная модель, а также сделан постпрогноз на ближайшие 2 года.

Полученные данные говорят об очень быстром спаде производства меда, и без вмешательства человека в эту систему показатели с каждым годом будут все меньше и меньше. Для компенсации возможного ухудшения средней летней температуры и замедления роста сельскохозяйственных земель нужно будет увеличивать количество семейств пчел.

### Список использованных источников и литературы

1. Кривцов Н.И., Лебедев В.И. Пчеловодство: состояние и перспективы развития // Зооиндустрия: электронный научный журнал. 2001. №8. С.8.
2. Морозов С.В. Проблемы и перспективы развития пчеловодства в Российской Федерации // Пчеловодство: электронный научный журнал. 2017. №4(73). С. 7-15.
3. Никулина О.В., Ледовский М.А. Анализ развития пчеловодства в России: выявление проблем и поиск резервов для повышения конкурентоспособности на международной арене // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2022. № 1(69). С.11.
4. Комлацкий В.И. Роль пчеловодства в обеспечении продовольственной безопасности страны // Перспективы развития пчеловодства в условиях индустриализации АПК: сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. 2020. С.4-11.
5. Чепик А.Г., Усенко Л.Н. Экономические и организационно-управленческие проблемы развития пчеловодства в России // Учет и статистика: электронный научно-практический журнал. 2020. №3(59). С.74-84.
6. Антохонова И. В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов: учебное пособие для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2023. -213 с.
7. Кузнецов В.И. Современное состояние и проблемы пчеловодства в Российской Федерации // Агротехника: электронный научно-практический журнал. 2011. №1(42). С. 12.
8. Geraskina I. N., Petrov A. A., Zatonskiy A. V. Modeling of the investment and construction trend in Russia // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. Т. 8. № 10. С. 1432-1447.
9. Затонский А.В., Янченко Т.В. Метод управления развитием социального ресурса региона на основе регрессионно-дифференциального моделирования // Управление большими системами: сборник трудов. 2015. № 54. С. 86-113.

### List of references

1. Krivtsov N.I., Lebedev V.I. Beekeeping: state and development prospects. Zooindustry: electronic scientific journal. 2001. No. 8. P. 8.
2. Morozov S.V. Problems and prospects of beekeeping development in the Russian Federation. Beekeeping: electronic scientific journal. 2017. No. 4(73). P. 7-15.
3. Nikulina O.V., Ledovsky M.A. Analysis of beekeeping development in Russia: identification of problems and search for reserves to increase competitiveness in the international arena. Regional Economics and Management: electronic scientific journal. 2022. No. 1(69). P. 11.
4. Komlatsky V.I. The role of beekeeping in ensuring food security of the country. Prospects for the development of beekeeping in the context of agricultural industrialization: a collection of articles based on the materials of the International Scientific and Practical Conference. 2020. P. 4-11.



5. Chepik A.G., Ustenko L.N. Economic and organizational and management problems of beekeeping development in Russia. Accounting and Statistics: electronic scientific and practical journal. 2020. No. 3(59). P. 74-84.
6. Antokhonova I.V. Methods of forecasting socio-economic processes: a textbook for universities. - Moscow: Yurait Publishing House, 2023. - 213 p.
7. Kuznetsov V.I. Current state and problems of beekeeping in the Russian Federation. Agrotechnics: electronic scientific and practical journal. 2011. No. 1(42). P. 12.
8. Geraskina I.N., Petrov A.A., Zatonskiy A.V. Modeling of the investment and construction trend in Russia. International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. Vol. 8. No. 10. P. 1432-1447.
9. Zatonsky A.V., Yanchenko T.V. Method of managing the development of the social resource of the region based on regression-differential modeling. Management of large systems: collection of works. 2015. No. 54. P. 86-113.