



Прогнозная оценка численности докторов и кандидатов наук в России

В. А. Гуртов¹, Л. В. Щеголева^{1*}, С. И. Пахомов²

¹ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (г. Петрозаводск, Россия)

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва, Россия)

*schegoleva@petsu.ru

Введение. Кадры высшей научной квалификации являются основой в кадровом обеспечении для конкурентоспособного развития всех отраслей национальной экономики Российской Федерации. В то же время в стране отсутствует достоверная статистическая информация как об общем числе кандидатов и докторов наук, так и об их возрастной структуре. В научных публикациях не представлены подходы к построению оценок численности лиц с учеными степенями.

Материалы и методы. В статье предлагается модель для повозрастного расчета количества кандидатов и докторов наук на основе ежегодных статистических данных о числе защит кандидатских и докторских диссертаций и коэффициентов дожития. Так как детализированные данные представлены только для периода с 2008 года, а агрегированные данные известны не для всех лет, то для восстановления отсутствующих данных предложены соответствующие методы интерполяции. По предложенным моделям выполнены расчеты оценок численности кандидатов и докторов наук, построены аппроксимирующие функции. Результаты расчетов были верифицированы на основе данных статистики о количестве исследователей со степенью кандидата и доктора наук в разных секторах экономики и количестве кандидатов и докторов наук в числе профессорско-преподавательского состава вузов.

Результаты исследования. Результатами исследования стали 6 моделей для повозрастного расчета количества кандидатов и докторов наук, аппроксимирующая функция мультипликативного коэффициента дожития для лиц с учеными степенями, аппроксимирующие функции долевого распределения возрастов защитившихся кандидатов и докторов наук, аппроксимирующие функции повозрастного и кумулятивного распределения количества кандидатов и докторов наук, а также количественные оценки численности кандидатов и докторов наук на 2019 год.

Обсуждение и заключение. Предложенные модели показали свою адекватность. Были получены оценки численности кандидатов наук в возрастных категориях 20–80 лет – 468 тыс. человек; докторов наук в возрастных категориях 30–90 лет – 72 тыс. человек. Построенные аппроксимирующие функции позволяют получить число кандидатов и докторов наук в любом возрастном диапазоне. Поскольку система кадров высшей научной квалификации достаточно инертная, то полученная возрастная структура кадров высшей научной квалификации сохранит свой характер еще на протяжении как минимум 10 лет. Полученные оценки численности лиц с учеными степенями позволяют охарактеризовать кадровый потенциал для принятия решений в сфере управления высокотехнологичными секторами экономики. Построенные модели могут быть использованы для решения задач прогнозирования в сфере развития наукоемких технологий и в сфере высшего образования для подготовки высококвалифицированных кадров и пополнения научного сообщества.

© Гуртов В. А., Щеголева Л. В., Пахомов С. И., 2019



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Ключевые слова: ученая степень, кандидат наук, динамическая модель, возрастная структура, аппроксимирующая функция, статистические данные, кадры высшей научной квалификации, защита диссертации

Для цитирования: Гуртов В. А., Щеголева Л. В., Пахомов С. И. Прогнозная оценка численности докторов и кандидатов наук в России // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29, № 4. С. 510–528. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201904.510-528>

Forecast of the Number of Doctorate Holders in Russia

V. A. Gurtov^a, L. V. Shchegoleva^{a*}, S. I. Pakhomov^b

^a*Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russia)*

^b*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)(Moscow, Russia)*

**schegoleva@petsu.ru*

Introduction. Personnel of the highest scientific qualification are the basis of staffing the competitive development all sectors of the national economy of the Russian Federation. At the same time, there is no reliable statistical information about the total number of Candidates and Doctors of Sciences and their age structure. Scientific publications do not present approaches to carry out the estimate of the number of persons with scientific degrees.

Materials and Methods. The article proposes a model for calculating the age-specific number of Candidates and Doctors of Sciences on the basis of annual statistical data on the number of defenses of candidate and doctoral theses and survival rates. Since the detailed data are presented only for the period starting from 2008, and the aggregated data are not known for all years, the corresponding interpolation methods are proposed to restore the missing data. According to the proposed models, calculations of estimates of the number of Candidates and Doctors of Sciences are made, approximation functions are constructed. The results of the calculations were verified on the basis of statistical data on the number of researchers with a degree of Candidate and Doctor of Sciences in different sectors of the economy and the number of Candidates and Doctors of Sciences among the teaching staff of universities.

Results. The results of the study are 6 models for calculating the number of Candidates and Doctors of Sciences, approximation function of the multiplicative survival coefficient for persons with scientific degrees, approximation functions of the age distribution of the applicants of degrees of Candidate and Doctor of Science, approximation functions of age-related and cumulative distribution of the number of Candidates and Doctors of Sciences, quantitative estimates of the number of Candidates and Doctors of Sciences in 2019.

Discussion and Conclusion. The proposed models have shown their adequacy. As a result of the calculations, it was found that the number of Candidates of Sciences in the age category of 20–80 years is 468,000 people, and the number of Doctors of Sciences in the age category of 30–90 years is 72,000 people. According to the obtained numerical values, approximating functions were constructed to get the number of Candidates and Doctors of Sciences in any age range. Since the system of personnel of the highest scientific qualification is sufficiently inert, the data obtained of age structure of the personnel of the highest scientific qualification will retain its character for at least another 10 years. The obtained estimates of the number of persons with scientific degrees allow us to characterize the personnel potential for decision-making in the management of high-tech sectors of the economy. The constructed models can be used to solve the problems of forecasting in the field of development of science-intensive technologies and in higher education for the training of highly qualified scientific personnel and replenishment of the scientific community.

Keywords: academic degree, Candidate of Sciences, dynamic model, age structure, approximating function, statistical data, highly qualified staff, thesis defense

For citation: Gurtov V.A., Shchegoleva L.V., Pakhomov S.I. Forecast of the Number of Doctorate Holders in Russia. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* = Engineering Technologies and Systems. 2019; 29(4):510-528. DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201904.510-528>

Введение

Кадры высшей научной квалификации (ВНК) являются основой в кадровом обеспечении для конкурентоспособного развития всех отраслей национальной экономики Российской Федерации [1]. В то же время в стране отсутствует достоверная статистическая информация как об общем числе кандидатов и докторов наук, так и об их возрастном статусе. Существуют лишь отдельные, иногда пересекающиеся срезы количественных характеристик научного сообщества. Среди них статистические данные о количестве кандидатов и докторов наук в составе исследователей¹, в числе профессорско-преподавательского состава (ППС)², о количестве соискателей ученых степеней, защитивших кандидатские и докторские диссертации³, о количестве лиц, обучающихся в аспирантуре⁴. При этом оценка общей численности кандидатов и докторов наук и их возрастного статуса необходима для прогнозирования и управления не только в области образования и науки, но и в сфере инновационного развития экономики государства, технологического прорыва и достойного ответа на современные вызовы человеческого общества.

Обзор литературы

В научной литературе количественные характеристики кадров ВНК

представлены фрагментарно как в советском, так и в постсоветском периоде. Наибольшая детализация выполнена для кадров ВНК, работавших в сфере науки. В 1973 году вышла книга под редакцией Д. М. Гвишиани⁵, посвященная исследованию структуры, динамики и мобильности научных кадров за двадцатилетний ретроспективный период. Предметом исследования выступали профессиональная, квалификационная, демографическая структура научных кадров, а также распределение научных работников по типам учреждений и регионам. Продолжением этих исследований стала вышедшая в 1991 году книга под редакцией В. Ж. Келле и С. А. Кугеля⁶, где использовался аналогичный подход к анализу структуры и динамики научных кадров в более поздний период. Продолжение этих исследований представлено в статье [2]. Количественные данные о составе научных кадров организаций Академии наук СССР представлены в работе А. Б. Петровского [3]. Достаточно детальный анализ процессов эволюции научных кадров на протяжении шестидесятилетнего периода представлен в монографии А. Г. Аллаhverдяна [4]. Приведены статистические данные об изменении общей численности и структуры научных кадров в период с 1950 по 2010 год. Динамика научных

¹ Индикаторы науки: 2019: статистический сборник / Л. М. Гохберг [и др.]. М.: НИУ ВШЭ, 2019. 328 с. URL: <https://www.hse.ru/data/2019/05/07/1502498137/in2019.pdf> (дата обращения: 17.10.2019).

² Индикаторы образования: 2018: статистический сборник / Н. В. Бондаренко [и др.]. М.: НИУ ВШЭ, 2018. 400 с. URL: <https://www.hse.ru/primarydata/in2018> (дата обращения: 17.10.2019).

³ Обзор деятельности сети диссертационных советов в 2017 году: аналитический доклад / под ред. С. И. Пахомова. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2018. 92 с. URL: <http://openbudgetrf.ru/wp-content/themes/bmc/i/books/obzor-deyatelnosti-seti-dissovetov-2017.pdf> (дата обращения: 17.10.2019).

⁴ Индикаторы образования: 2018: статистический сборник.

⁵ Научно-техническая революция и изменение структуры научных кадров СССР / под ред. Д. М. Гвишиани, С. Р. Микулинского, С. А. Кугеля. М.: Наука, 1973. 200 с.

⁶ Научные кадры СССР: динамика и структура / под ред. В. Ж. Келле, С. А. Кугеля. М.: Мысль, 1991. 287 с.

кадров в отдельные периоды истории представлена в статьях [5; 6].

Одной из последних работ в этой области исследования является монография Л. Э. Миндели⁷, вышедшая в 2016 г. Она посвящена анализу численности и структуры персонала, занятого исследованиями и разработками, сопоставлению кадрового научного потенциала в России и странах Организации экономического сотрудничества и развития.

Анализу карьерных траекторий, востребованности, мобильности лиц с учеными степенями посвящен сборник статей под редакцией Л. Гохберга, Н. Шматко, Л. Ауриол [1; 7].

Исследованиям в области количественного и качественного анализа в сфере подготовки кадров ВНК посвящены работы [8–11].

Отметим, что научные публикации с информацией об общем числе кандидатов и докторов наук, их возрастном статусе отсутствуют.

Единственным источником более полной информации о количестве лиц с учеными степенями кандидата и доктора наук является Всероссийская перепись населения. Результаты Всероссийской переписи населения в 2010 г. показали, что при численности населения 143 млн 436 тыс. человек 596 тыс. из них являются кандидатами наук, а 124 тыс. человек – докторами наук⁸. К этим данным стоит относиться с некоторой степенью осторожности, как к любой документально не подтвержденной информации, поскольку про-

верки документов о наличии ученой степени (дипломов кандидата и доктора наук) во время переписи не проводилось.

За прошедшие после переписи годы российское общество пополнилось новыми кадрами высшей научной квалификации, а часть из них выбыла по естественно-возрастным причинам. При этом надежного механизма учета динамики численности кандидатов и докторов наук не появилось. Поэтому задача численной оценки размера научного сообщества остается актуальной, ее решению и посвящено настоящее исследование.

В других странах в сфере образования и научных исследований и разработок ведется примерно аналогичный ежегодный статистический учет выпускников образовательных учреждений, закончивших программы подготовки докторов наук и получивших степень Ph.D., количества лиц, занятых исследованиями и разработками⁹ [12]. Формирование массива данных о карьерных траекториях лиц с ученой степенью Ph.D. было инициировано EUROSTAT, OECD и UNESCO с целью анализа их места и вклада в развитие экономики¹⁰. В разных странах задаются вопросом о необходимом количестве научных работников и дальнейшем развитии системы подготовки кадров высшей научной квалификации [13]: в Германии [14], в Австрии [15], в Португалии [16], в Испании [17; 18], в Швеции [19], в Финляндии [20] и др.

В исследованиях оценивается вклад лиц, получивших степень Ph.D.,

⁷ Миндели Л. Э., Чистякова В. Е. Структура и динамика кадрового потенциала российской науки. М.: ИПРАН РАН, 2016. 34 с. URL: <http://www.issras.ru/publication/docs/str2016.pdf> (дата обращения: 17.10.2019).

⁸ Итоги Всероссийской переписи населения 2010 года: В 11 т. Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2012. Т. 3: Образование. 1291 с.

⁹ OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016. Paris: OECD Publishing, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1787/25186167>; National Science Foundation of the United States: Doctorate Recipients from U.S. Universities: 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf19301/data> (дата обращения: 17.10.2019).

¹⁰ Meri T. Doctorate Holders. The Beginning of Their Career // Science and Technology. 2007. Vol. 131. 8 p. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3433488/5288557/KS-SF-07-131-EN.PDF/7d909a0e-c079-41c8-b967-3bf34f40c588?version=1.0> (дата обращения: 17.10.2019).

в экономику страны, их значимость на рынке труда, карьера в академическом сообществе [21]. Ученые отмечают центральную роль докторов наук Ph.D. в инновационном развитии экономики страны [15; 17; 20]. В этих публикациях рассматриваются карьерные траектории докторов наук, их преимущества на рынке труда. Также обсуждается вопрос о совместной подготовке докторов наук образовательными организациями и промышленными предприятиями [22].

Во многих публикациях приводятся числа по разным странам, характеризующие ежегодный приток докторов наук. При этом отсутствует информация о возрастной структуре этих исследователей и о продолжительности их работы, что не позволяет оценить общее количество лиц с учеными степенями и строить прогноз их количества в ближайшей перспективе.

Материалы и методы

Построение моделей для расчета числа кандидатов и докторов наук

Для численной оценки размера научного сообщества предлагается подход, основанный на информации о количестве успешно защитившихся соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук. Для этого рассмотрим общую динамическую модель возрастного движения кандидатов и докторов наук по аналогии с моделями движения населения и трудовых ресурсов¹¹.

Количество кандидатов наук в возрасте n в год t $K_t(n)$ равно количеству кандидатов наук в предыдущем году в возрасте на один год младше $K_{t-1}(n-1)$ плюс количество защитившихся кандидатов наук в этом году в возрасте n $A_t(n)$ минус количество защитившихся в этом году докторов наук в возрасте n $B_t(n)$. Кроме выбытия кандидатов наук

в связи с переходом их в статус докторов необходимо учесть естественно-возрастное выбытие. Для этого введем коэффициент дожития $\beta_t(n)$ (доля населения в возрасте n в год t от количества населения в возрасте $(n-1)$ в год $(t-1)$) для каждого возраста и каждого года. Тогда значение числа кандидатов наук в год t в возрасте n (возрастное распределение) можно представить в следующем виде:

$$K_t(n) = K_{t-1}(n-1) \cdot \beta_{t-1}(n-1) + A_t(n) - B_t(n). \quad (1)$$

Аналогично запишем динамическое уравнение для количества докторов наук в год t в возрасте n ($D_t(n)$):

$$D_t(n) = D_{t-1}(n-1) \cdot \beta_{t-1}(n-1) + B_t(n). \quad (2)$$

Коэффициент дожития $\beta_t(n)$ для каждого года определяется на основе ежегодной возрастной структуры населения страны и может быть представлен как табличными значениями, так и в виде аналитической функции.

Определим функцию мультипликативного коэффициента дожития $\gamma_t(n)$ как долю людей доживших до возраста n при условии, что они дожили до возраста 20 лет:

$$\gamma_t(n) = \prod_{k=1}^n \beta_t(k).$$

Диапазон изменения функции мультипликативного коэффициента дожития находится в пределах от 0 до 1, а временной ряд от 20 до 100 лет.

В дальнейшем для анализа кумулятивных динамических рядов будем использовать логистическую функцию, ограниченную двумя горизонтальными асимптотами и часто используемую

¹¹ **Коровкин А. Г., Единак Е. А., Королев И. Б.** Прогнозирование численности и структуры населения на базе балансового подхода // Демографический потенциал стран ЕАЭС: сборник статей VIII Уральского демографического форума. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2017. С. 297–303.

в экономико-математических моделях [23; 24] вида:

$$f(x) = \frac{C}{1 + e^{-\frac{x-x_0}{\tau}}}, \quad (3)$$

где коэффициент C характеризует максимальное значение функции $f(x)$, коэффициент x_0 определяет точку перегиба кривой (медиану), левее и правее которой находится половина значений. Коэффициент τ характеризует скорость роста кривой, диапазон значений $(x_0 \pm 2\tau)$ покрывает более 76 % изменений значений логистической функции.

Производная от логистической функции имеет колоколообразную форму с максимумом в точке x_0 и выражается соотношением:

$$f'(x) = \frac{C e^{-\frac{x-x_0}{\tau}}}{\left(1 + e^{-\frac{x-x_0}{\tau}}\right)^2} = \frac{1}{\tau} f(x) \left[1 - \frac{1}{C} f(x)\right]. \quad (4)$$

Значение производной логистической функции в точке x_0 составляет значение $f'(x_0) = \frac{C}{4\tau}$.

Используя для мультипликативно-коэффициента дожития $\gamma_t(n)$ аппроксимирующую логистическую функцию типа (3) и считая коэффициент дожития до возраста n стабильным на рассматриваемом периоде времени, можно записать уравнение для расчета численности кандидатов наук в возрасте n в год t в следующем виде:

$$K_t(n) = \sum_{j=20}^n (A_{t-n+j}(j) - B_{t-n+j}(j)) \frac{\gamma(n)}{\gamma(j)}. \quad (5)$$

Аналогично численность докторов наук в возрасте n в год t будет:

$$D_t(n) = \sum_{j=20}^n B_{t-n+j}(j) \frac{\gamma(n)}{\gamma(j)}. \quad (6)$$

Суммирование возрастных категорий позволяет рассчитать кумулятивное (общее) количество кандидатов $K_t^E(n)$ и докторов наук $D_t^E(n)$ в возрасте от 20 лет до возраста n :

$$K_t^E(n) = \sum_{i=1}^n K_t(i), \quad (7)$$

$$D_t^E(n) = \sum_{i=1}^n D_t(i). \quad (8)$$

Таким образом, соотношения (5)–(6) позволяют рассчитать распределение общего числа кандидатов и докторов наук по возрастам в диапазоне от 20 до 100 лет, а соотношения (7)–(8) – кумулятивное число кандидатов и докторов наук в возрасте от 20 лет до заданного возраста.

Данные для расчета числа кандидатов и докторов наук

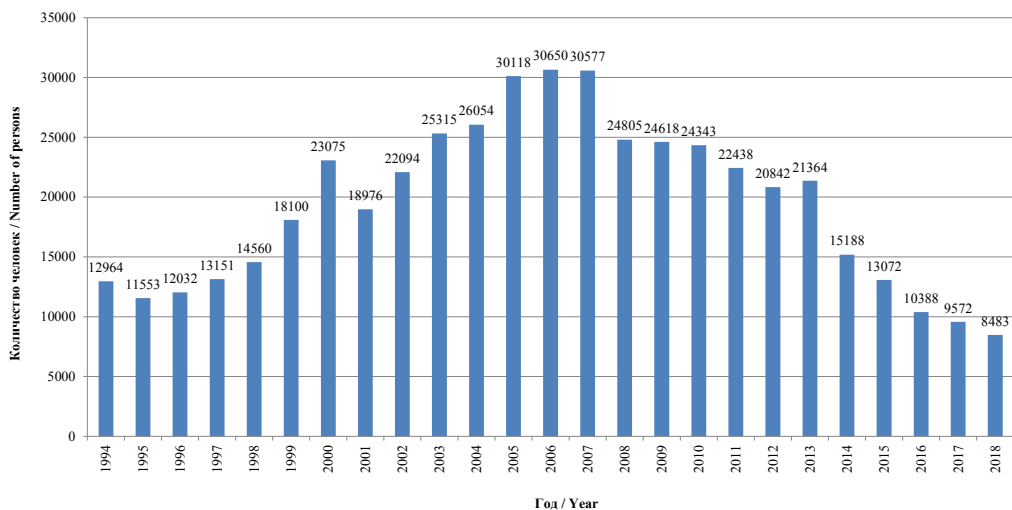
Горизонты ретроспективных данных по числу защит кандидатских и докторских диссертаций и возрастной структуре соискателей ученой степени должны покрывать временной интервал не менее чем период работы для лиц с учеными степенями. Этот период в среднем составляет 35 лет для кандидатов наук и 20 лет для докторов наук¹². Поэтому в качестве отправной точки для расчетов на 2018 год можно использовать 1983 год. Однако с учетом всего периода жизни кандидатов и докторов наук, например, в диапазоне от 20 до 80 лет в качестве начала расчетов необходимы данные начиная с 1959 года.

Данные о количестве защитившихся кандидатов и докторов наук с детализированной возрастной структурой существуют начиная с 2008 года, когда деятельность диссертационных

¹² Подготовка и аттестация кадров высшей научной квалификации в вузах Минобрнауки России. 2-е изд. / под ред. С. И. Пахомова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. 134 с.

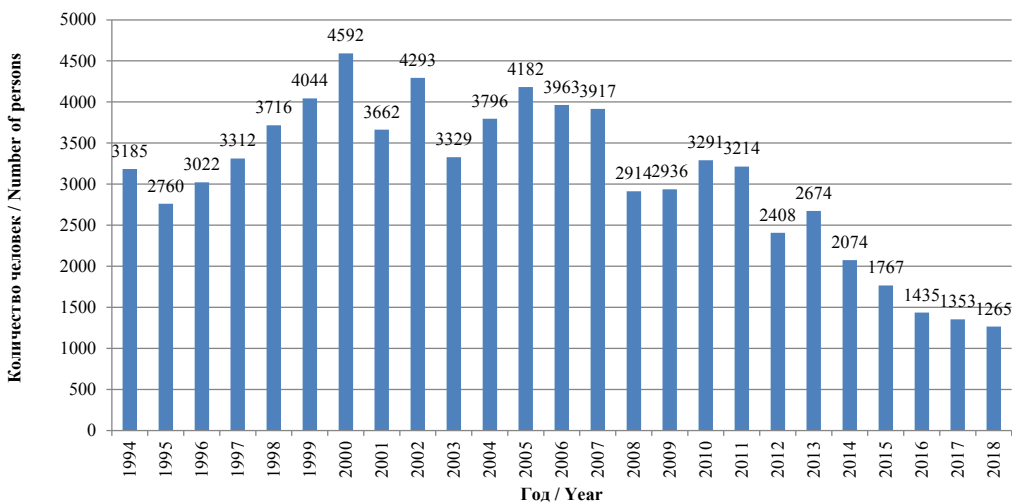
советов начала сопровождаться электронным документооборотом сначала в виде электронных форм годовых отчетов диссертационных советов, затем на основе Федеральной информационной системы государственной научной аттестации [25].

С 1994 до 2015 года известны интегральные значения показателя о числе лиц, утвержденных Высшей Аттестационной Комиссией (ВАК) в ученой степени кандидата или доктора наук¹³. Эти показатели представлены на рисунках 1, 2.



Р и с. 1. Количество лиц, утвержденных ВАК в ученой степени кандидата наук¹⁴

F i g. 1. Number of persons awarded degree of Candidate of Sciences



Р и с. 2. Количество лиц, утвержденных ВАК в ученой степени доктора наук¹⁵

F i g. 2. Number of persons awarded degree of Doctor of Sciences

¹³ Кадры высшей научной квалификации [Электронный ресурс]. URL: <http://science-expert.ru> (дата обращения: 17.10.2019).

¹⁴ Там же.

¹⁵ Там же.

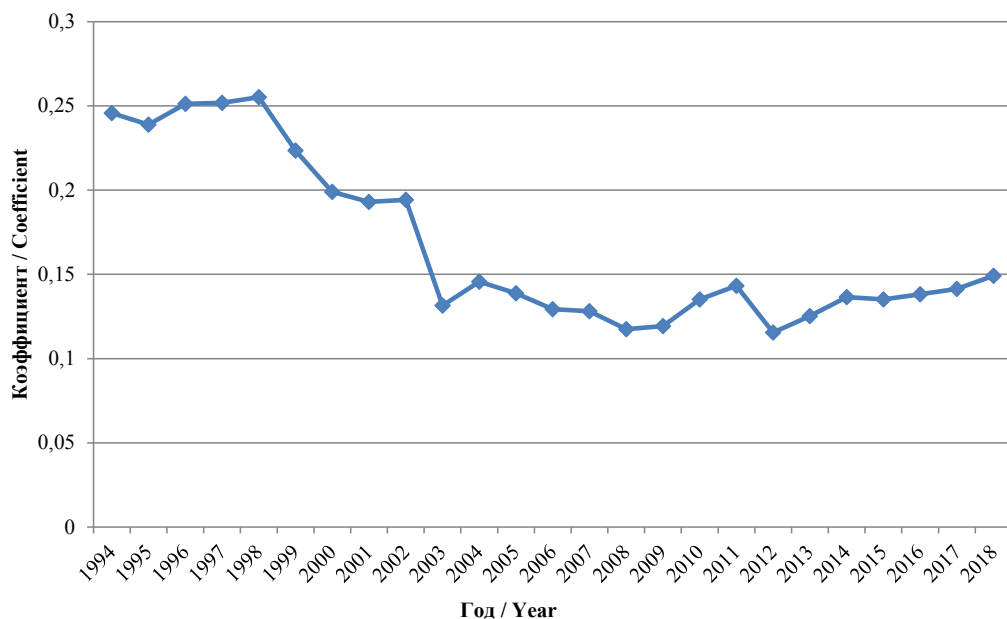
Из представленных данных видно, что с 1995 по 2000 год наблюдался рост числа защит как кандидатских, так и докторских диссертаций. Рост числа кандидатских защит продолжался вплоть до 2008 года, после чего стал снижаться вплоть до 2018 года, когда составил 70 % от уровня 1994 года. Число докторских защит начало снижаться уже после 2000 года и к 2018 году достигло 40 % от уровня 1994 года.

В период ранее 1994 года данные о возрастном составе защитившихся кандидатов и докторов наук отсутствуют, а интегральные данные представлены фрагментарно.

В 1989 году в организациях, находящихся на территории РСФСР, было защищено 18 тыс. кандидатских диссертаций, в 1990 году – 14 тыс. кандидатских диссертаций. За пери-

од 1986–1988 гг. защищено 14,4 тыс.; 1981–1985 гг. – 23,7 тыс.; 1976–1980 гг. – 16,3 тыс. кандидатских диссертаций¹⁶. Таким образом, для расчетов за период 1976–1980 гг. было взято ежегодное суммарное значение защит 3,3 тыс., за период 1981–1988 гг. – 4,8 тыс.

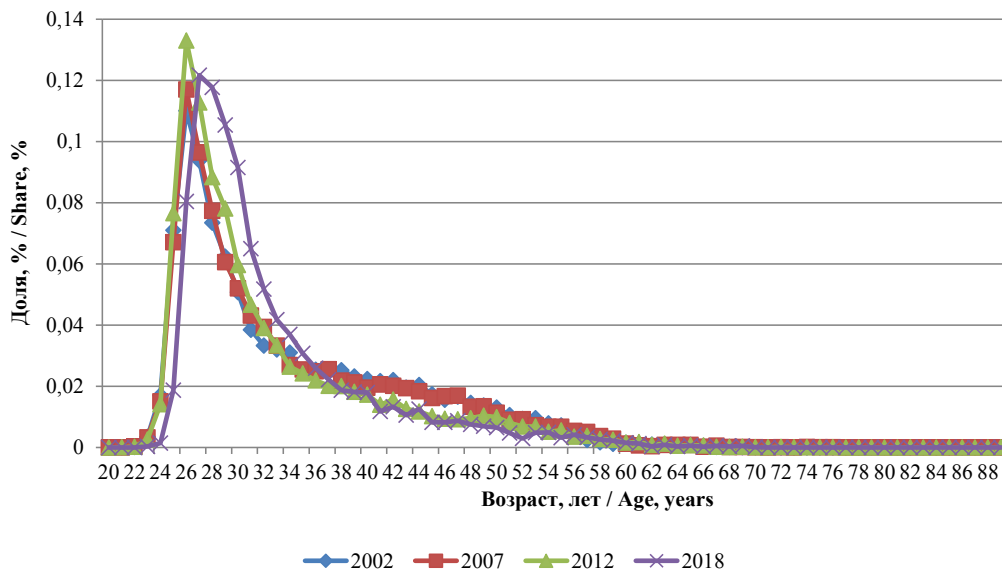
Суммарное количество докторов наук, защитившихся в период с 1976 по 1993 год, было аппроксимировано исходя из предположения о сохранении соотношения числа защит кандидатов и докторов наук. На рисунке 3 представлены значения отношения количества защитившихся докторов наук к количеству кандидатов наук в 1994–2018 гг. Можно увидеть, что в 1994–1998 гг. этот коэффициент в среднем составлял 0,25, а в последующие годы он понизился до 0,12. Поэтому для расчета количества защитившихся докторов наук за период



Р и с. 3. Отношение количества защитившихся докторов наук к количеству защитившихся кандидатов наук в 1994–2018 гг.

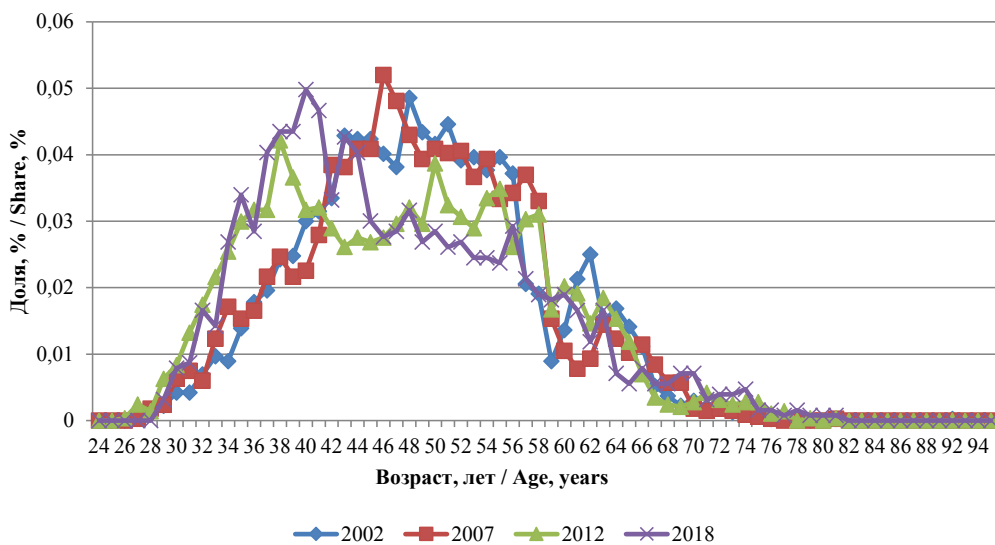
Fig. 3. The ratio of the number of persons awarded degree of Doctor of Sciences to the number of persons awarded degree of Candidate of Sciences in 1994–2018

¹⁶ Народное хозяйство СССР в 1990 г. (Статистический ежегодник). М.: «Финансы и Статистика», 1991 г.; Народное хозяйство РСФСР в 1990 году (Статистический ежегодник). М.: Республиканский информационно-издательский центр, 1991.



Р и с. 4. Долевое распределение защитившихся кандидатов наук по возрастам в 2002, 2007, 2012 и 2018 годах

F i g. 4. Percentage of persons awarded degree of Candidate of Sciences by age in 2002, 2007, 2012 and 2018



Р и с. 5. Долевое распределение защитившихся докторов наук по возрастам в 2002, 2007, 2012 и 2018 годах

F i g. 5. Percentage of persons awarded degree of Doctor of Sciences by age in 2002, 2007, 2012 and 2018

с 1976 по 1993 год был использован коэффициент 0,25.

Для периода 2001–2018 гг. известны точные значения числа защитившихся кандидатов ($A_i(n)$) и докторов наук ($B_i(n)$) в возрастном разрезе. На рисунках 4, 5 представлено распределение защитившихся кандидатов и докторов наук по возрастам в долях от общего количества защитившихся за четыре разных года в диапазоне 2001–2018 гг.

Для кандидатов наук наблюдается соответствие возрастных долей в числе защитившихся. Небольшое смещение в последний год, скорее всего, вызвано увеличением срока обучения в аспирантуре, введенное с 2014 года. Для докторов наук также наблюдается достаточная схожесть распределения долей. В последние годы произошел небольшой сдвиг в сторону омоложения новоиспеченных докторов наук.

Аппроксимация долевого возрастного распределения защитившихся кандидатов ($\alpha_{2001}(n)$) и докторов наук ($\delta_{2001}(n)$) с помощью функций вида (4) выглядит следующим образом:

$$\alpha_{2001}(n) = \frac{0,37 \cdot e^{-\frac{n-27}{0,99}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-27}{0,99}}\right)^2} + \frac{0,13 \cdot e^{-\frac{n-35}{5,3}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-35}{5,3}}\right)^2},$$

$$\delta_{2001}(n) = \frac{0,18 \cdot e^{-\frac{n-47}{4,63}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-47}{4,63}}\right)^2} + \frac{0,05 \cdot e^{-\frac{n-59}{3,38}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-59}{3,38}}\right)^2}.$$

Максимальное количество кандидатских защит происходит в возрасте 26–27 лет, докторских – в возрасте 46–48 лет.

Таким образом, на основе выявленной «стабильности» распределения долей защитившихся можно предположить, что аналогичное распределение было характерно и для раннего ретроспективного периода 1976–2000 гг.

Тогда, зная суммарное количество защитившихся, можно рассчитать оценки количества защит в каждом возрасте кандидатов ($A_i(n)$) и докторов наук ($B_i(n)$) за эти периоды. Оценки количества защитившихся кандидатов и докторов наук по возрастам для 1976–2000 гг. были рассчитаны по долям за 2002 год.

Результаты исследования

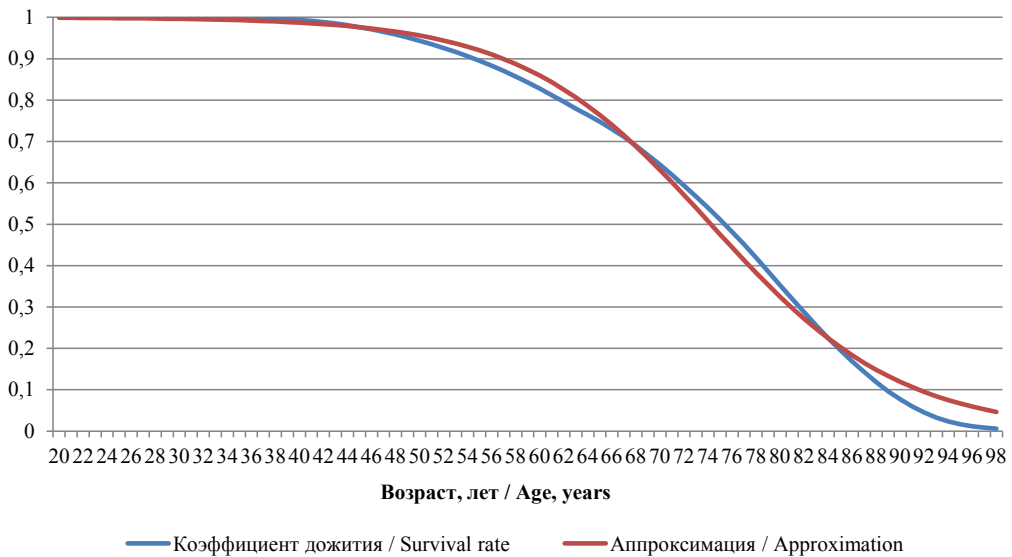
Результаты расчетов и аппроксимации

Коэффициенты дожития $\beta_{t-1}(n-1)$ были рассчитаны по данным официальной статистики о ежегодной возрастной структуре населения России за период 1994–2018 гг. для каждого года рассматриваемого периода как отношение численности населения России в возрасте n в год t к численности населения России в год $(t-1)$ в возрасте $(n-1)$. Значения коэффициента дожития отличаются для разных стартовых лет, особенно в период с 1994 по 2005 год, когда было сильное социальное расслоение населения. Поскольку в социальной группе, куда входят кандидаты и доктора наук, возрастные категории и вероятность дожития в среднем были выше среднестатистических значений, то для расчетов были использованы коэффициенты дожития, соответствующие 2014 году. С учетом этого были рассчитаны значения мультипликативного коэффициента дожития $\gamma_i(n)$, представленные на рисунке 6.

При аппроксимации мультипликативного коэффициента дожития $\gamma_i(n)$ логистической функцией (3) значения коэффициента $x_0 = 74$, значение коэффициента $\tau = 7,87$. С учетом этого аналитическое выражение для мультипликативного коэффициента дожития $\gamma(n)$ имеет вид:

$$\gamma(n) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{n-74}{7,87}}}.$$

По уравнениям (5) и (6) было рассчитано количество кандидатов и докторов наук на конец 2018 года для



Р и с. 6. Коэффициент дожития 2014 года и его аппроксимация

F i g. 6. Survival rate of 2014 and its approximation

каждого возраста, данные приведены на графиках в виде столбчатых диаграмм (рис. 7, 8).

Графики распределения числа кандидатов и докторов наук по возрастам оказались двумодальными. Для кандидатов наук наблюдаются два пика, приходящиеся на 38 лет и 53 года. Для докторов наук пики наблюдаются в 40 лет и в 64 года.

Пик в возрасте 53 лет для кандидатов наук обусловлен естественно-возрастными причинами. Пик в возрасте 38 лет связан с пиком защит в 2005–2007 гг., когда преобладающим возрастом защиты были 25–26 лет, через 13 лет эти кандидаты наук достигли возраста 38–39 лет.

Пик в возрасте 64 лет для докторов наук объясняется также естественно-возрастными причинами. Пик в возрасте 40 лет связан с тем, что в 2011–2013 гг. наблюдался рост защит докторских диссертаций в возрасте 33–37 лет и к 2018 году эти доктора наук достигли возраста 40 лет.

Для аппроксимации возрастного распределения использовалась сумма

двух функций вида (4) с разными параметрами:

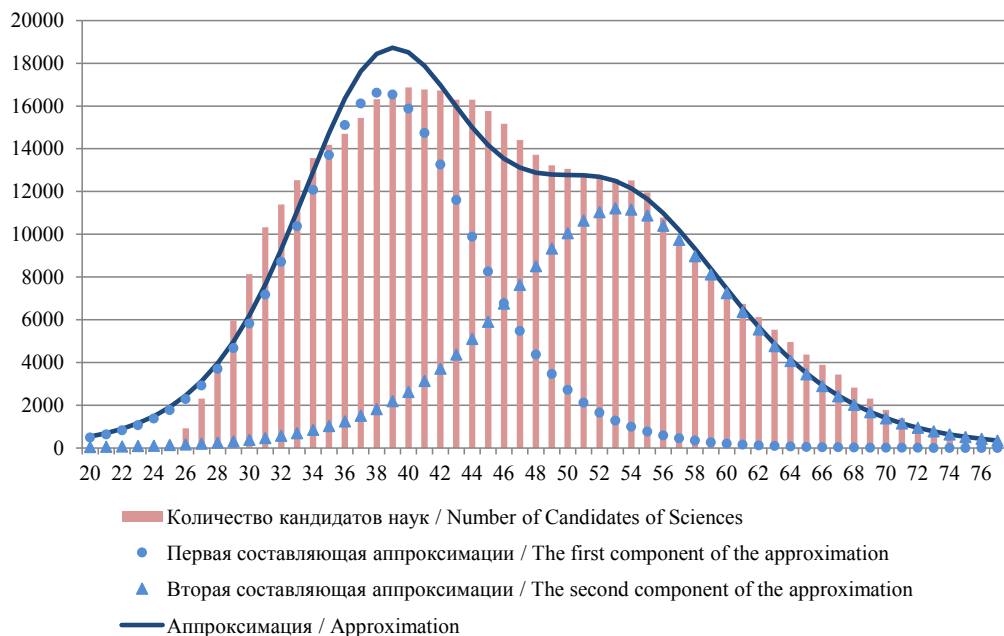
$$K_{2018}(n) = \frac{66615,9 \cdot e^{-\frac{n-38}{3,74}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-38}{3,74}}\right)^2} + \frac{44873,9 \cdot e^{-\frac{n-53}{4,9}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-53}{4,9}}\right)^2}, \quad (9)$$

$$D_{2018}(n) = \frac{1484,4 \cdot e^{-\frac{n-40}{2,06}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-40}{2,06}}\right)^2} + \frac{9742,4 \cdot e^{-\frac{n-64}{7,5}}}{\left(1 + e^{-\frac{n-64}{7,5}}\right)^2}. \quad (10)$$

На рисунках 7, 8 также представлены графики аппроксимирующих функций (9)–(10) и их составляющих – слагаемых.

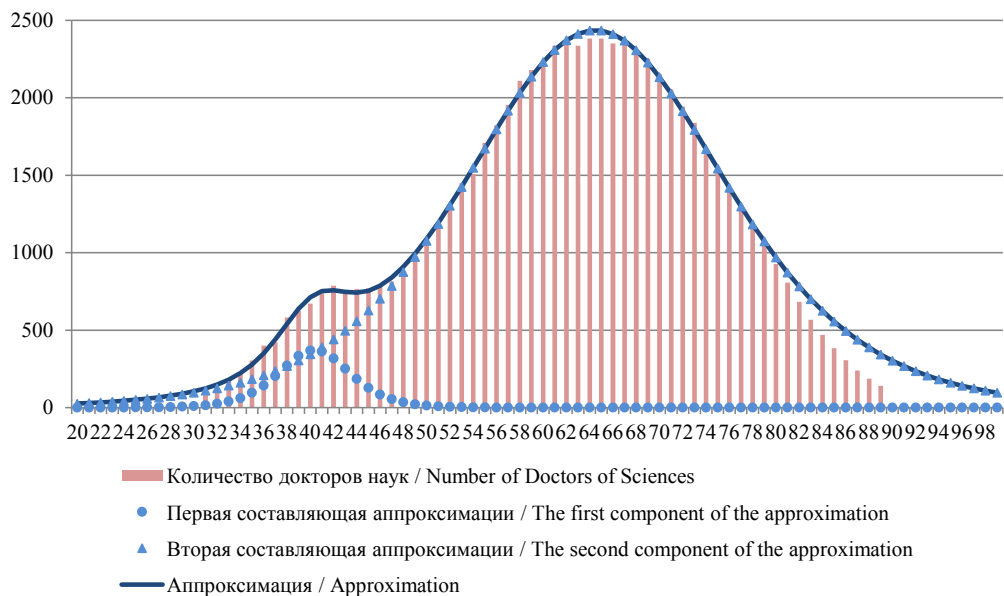
Для расчета кумулятивного значения численности кандидатов и докторов наук использовались уравнения (7) и (8). На рисунках 9 и 10 представлены эти значения в возрастном диапазоне от 20 до 80 лет для кандидатов наук и до 90 лет для докторов наук.

Аппроксимация кумулятивных функций также осуществлена с помощью



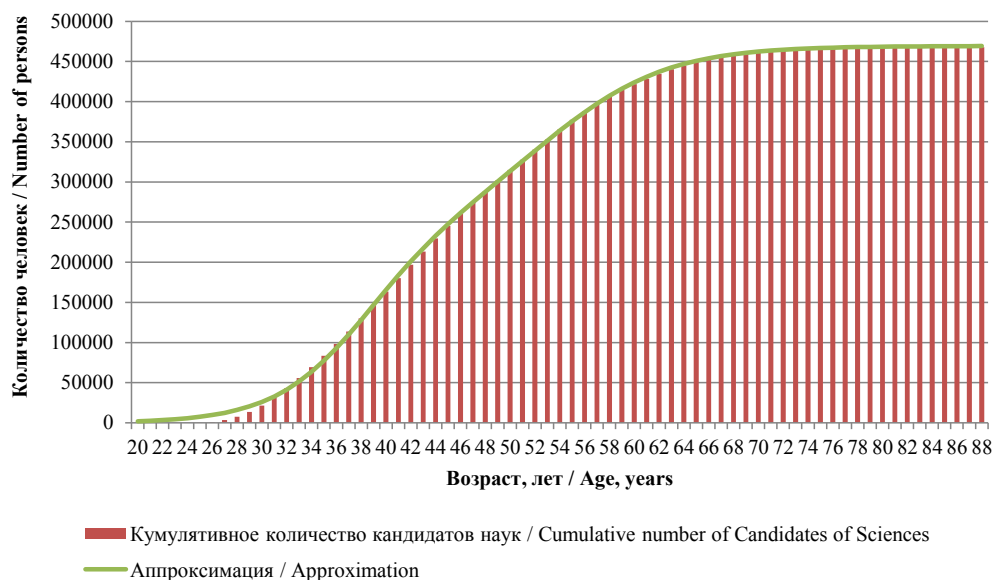
Р и с. 7. Возрастное распределение количества кандидатов наук на конец 2018 года, защитившихся в 1976–2018 гг.

F i g. 7. Age distribution of the number of Candidates of Sciences at the end of 2018, defended in 1976–2018



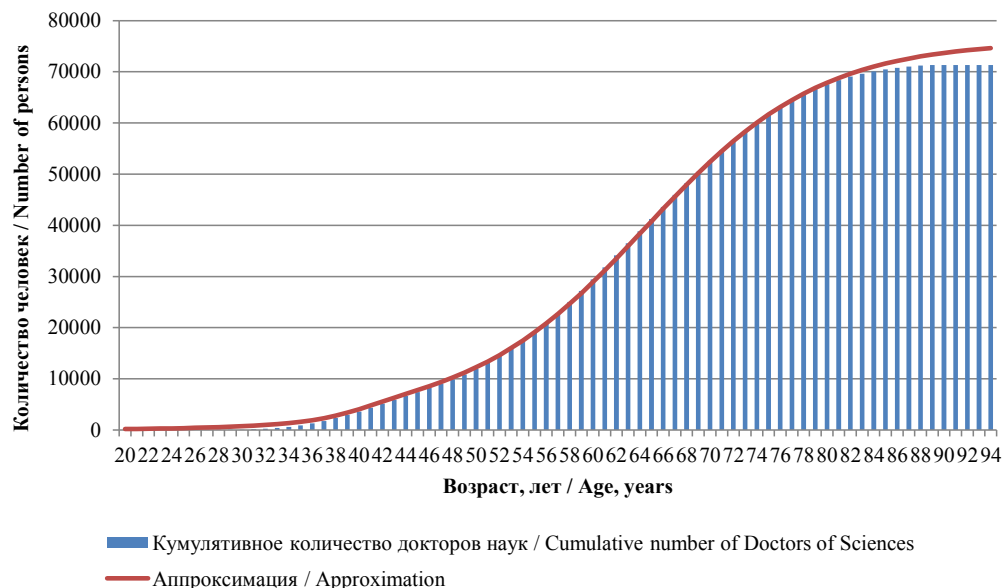
Р и с. 8. Возрастное распределение количества докторов наук на конец 2018 года, защитившихся в 1976–2018 гг.

F i g. 8. Age distribution of the number of Doctors of Sciences at the end of 2018, defended in 1976–2018
Computer science, computer engineering and management



Р и с. 9. Кумулятивное количество кандидатов наук на конец 2018 года, защитившихся в 1976–2018 гг.

F i g. 9. Cumulative number of Candidates of Sciences at the end of 2018, defended in 1976–2018



Р и с. 10. Кумулятивное количество докторов наук на конец 2018 года, защитившихся в 1976–2018 гг.

F i g. 10. Cumulative number of Doctors of Sciences at the end of 2018, defended in 1976–2018

суммы двух логистических функций вида (3) с теми же параметрами, что использовались при аппроксимации возрастной структуры. Функции кумулятивных показателей имеют следующий вид:

$$K_{2018}^f(n) = \frac{249377}{1 + e^{-\frac{n-38}{3,74}}} + \frac{220000}{1 + e^{-\frac{n-53}{4,9}}}, \quad (11)$$

$$D_{2018}^f(n) = \frac{3052}{1 + e^{-\frac{n-40}{2,06}}} + \frac{72988}{1 + e^{-\frac{n-64}{7,5}}}. \quad (12)$$

В итоге, на конец 2018 года значение численности кандидатов наук в возрастных категориях 20–80 лет составляет 468 тыс. человек, докторов наук в возрастных категориях 30–90 лет, составляет 72 тыс. человек.

Верификация моделей

Верификацию результатов моделирования численности кандидатов и докторов наук можно проводить по имеющимся данным Всероссийской переписи населения и федеральной статистики о количестве кандидатов и докторов наук в числе исследователей и профессорско-преподавательского состава вузов.

По результатам переписи населения в 2010 году 596 тыс. человек являются кандидатами наук. На 2017 год по данным статистики количество исследователей со степенью кандидата наук в разных секторах экономики, включая НИИ и вузы, составило 77 тыс. человек¹⁷, количество кандидатов наук в числе ППС вузов составило 140,5 тыс. человек¹⁸. На рисунке 11 показана отраслевая структура распределения кандидатов наук в динамике с 2004–2017 гг. Суммарное количество кандидатов наук в числе исследовате-

лей и ППС вузов составило в 2017 году около 218 тыс. человек.

Отметим, что численность кандидатов наук, занятых в сфере государственного управления, здравоохранения, высокотехнологических секторов экономики не отражается в статистике. Таким образом, реальное количество кандидатов наук должно быть в пределах от 218 до 596 тыс. Расчеты дали значение в 468 тыс., что попадает в указанный интервал, но почти в два раза превышает статистические данные о количестве кандидатов наук в составе исследователей и ППС. Это расхождение можно объяснить тем, что получение ученой степени кандидата наук не является гарантией дальнейшей профессиональной деятельности, связанной с исследованиями и работой в высших учебных заведениях. По ранее проведенным исследованиям, только 30 % защитившихся кандидатов наук продолжают публикационную активность, что говорит об уходе остальных кандидатов наук из сферы науки и образования [26].

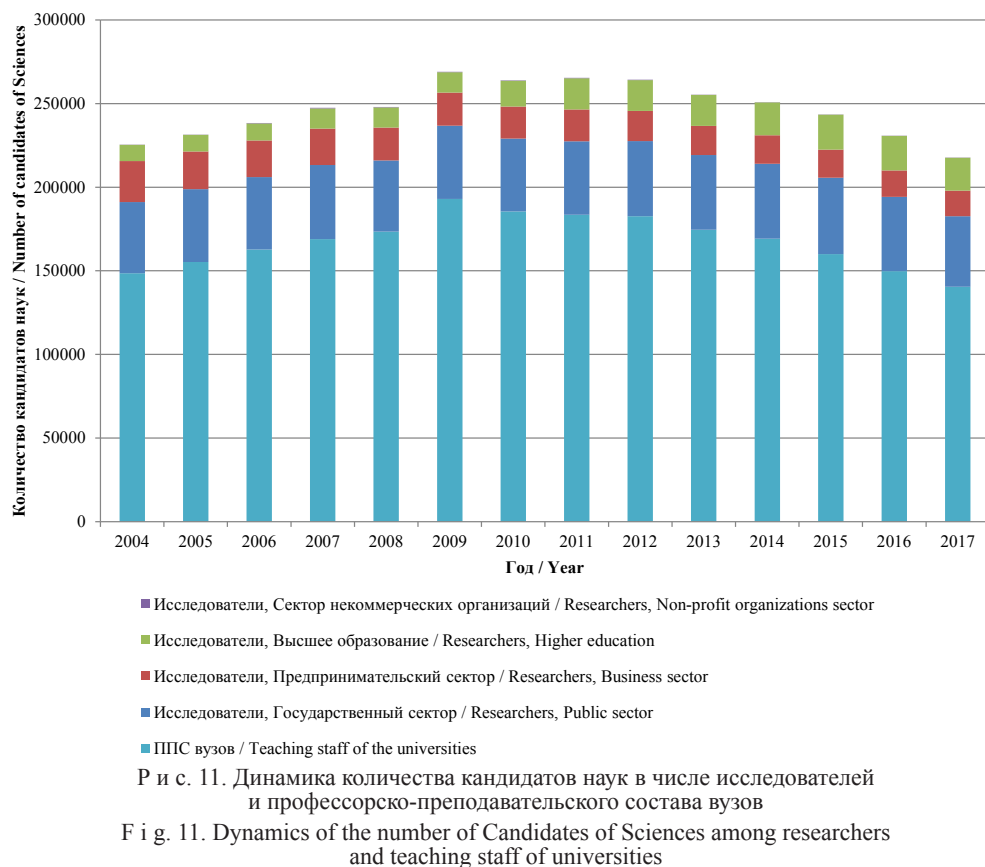
Так как в расчетах были использованы данные о защитах диссертаций за период с 1976 года, то количество кандидатов наук, начиная с возраста 65 лет, может быть немного выше, чем расчетное. Более точное значение можно получить либо, используя данные о защитах, начиная с 1959 года, либо, используя возрастное распределение кандидатов наук в 1975 году.

По докторам наук суммарные показатели численности докторов в составе исследователей и ППС составляют 64 тыс. человек¹⁹. Всероссийская перепись населения в 2010 году сообщила о 124 тыс. докторов наук. В результате расчетов была получена цифра

¹⁷ Форма № 2-наука: Сведения о выполнении научных исследований и разработок, 2017 г.

¹⁸ Форма ВПО-1: Сведения об образовательном учреждении, реализующем программы высшего профессионального образования [Электронный ресурс]. URL: <https://strategy.hse.ru/vpo-1> (дата обращения: 17.10.2019).

¹⁹ Там же.



в 72 тыс., которая также попадает в диапазон возможных значений. В целом расчетное количество докторов наук должно быть более близко к статистическим показателям для исследователей и ППС по сравнению с кандидатами наук, так как доктора наук в большем количестве работают в сфере образования и науки, чем кандидаты наук и должны почти полностью попадать в статистику по исследователям и ППС.

Обсуждение и заключение

Предложенные экономико-математические модели (1) – (2), (5) – (6) и (7) – (8) описывают численность кандидатов и докторов наук в различных возрастных категориях и опираются на данные государственной статистики. Это позволяет использовать их при решении

задач управления в сфере высокотехнологичных секторов экономики и подготовки кадров для экономики страны как на уровне высшего образования, так и на уровне научного сообщества.

Полученные аппроксимирующие уравнения (9) – (12) и количественные оценки числа кандидатов и докторов наук на 2019 год позволяют проанализировать текущее состояние научного сообщества и перспективы его динамики на ближайшие 10 лет. Эти оценки важны для принятия решений по развитию экономики и высшего образования.

И модели, и количественные оценки являются фундаментальной базой для среднесрочного прогнозирования потребностей наукоемких секторов экономики в кадрах ВНК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Gokhberg L., Shmatko N., Auriol L.** Rethinking the Doctoral Degrees in the Changing Labor Market Context // The Science and Technology Labor Force. 2016. Pp. 1–7. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27210-8_1
2. **Кугель С. А., Васильев Ю. С.** Структура научных кадров и смена поколений в современной российской науке // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов. 2009. № 25. С. 192–197.
3. **Петровский А. Б., Семенов Л. К., Малов В. С.** Кадры Академии: состав, структура, динамика // Вестник АН СССР. 1990. № 11. С. 37–49. URL: <http://old.ihst.ru/projects/sohist/papers/vtan/1990/11/37-49.pdf> (дата обращения: 17.10.2019).
4. **Аллахвердян А. Г.** Динамика научных кадров в советской и российской науке: сравнительно-историческое исследование. М.: Изд-во «КогитоЦентр», 2014. 263 с. URL: <http://old.ihst.ru/files/pdfs/aga-dynsc-research.pdf> (дата обращения: 17.10.2019).
5. **Аллахвердян А. Г., Агамова Н. С.** Динамика кадров в научной и инновационной деятельности (1990–2005) // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов. 2008. № 24. С. 133–138.
6. **Аллахвердян А. Г.** Динамика научных кадров в советской и постсоветской России: сравнительно-научковедческий анализ // Наука та наукознавство. 2015. № 2. С. 58–65. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/132200> (дата обращения: 17.10.2019).
7. **Meissner D., Gokhberg L., Shmatko N.** The Meaning of Doctorate Holders for Human Capital Development of Nations // The Science and Technology Labor Force. 2016. Pp. 343–350. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27210-8_15
8. **Gokhberg L., Meissner D., Shmatko N.** Myths and Realities of Highly Qualified Labor and What It Means for PhDs // Journal of the Knowledge Economy. 2017. Vol. 8, Issue 2. Pp. 758–767. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0403-7>
9. **Гуртов В. А., Щеголева Л. В.** Соискатель ученой степени доктора наук: публикационная активность // Университетское управление: практика и анализ. 2015. № 2. С. 47–56. URL: <https://www.umj.ru/jour/article/view/266> (дата обращения: 17.10.2019).
10. **Гуртов В. А., Щеголева Л. В.** Нужны ли публикации кандидату наук? // Высшее образование в России. 2015. № 4. С. 25–33. URL: <http://vovr.ru/upload/4-15.pdf> (дата обращения: 17.10.2019).
11. **Gurtov V. A., Shchegoleva L. V.** Forecasting the Economic Need for Personnel with Higher Scientific Qualifications // Studies on Russian Economic Development. 2018. Vol. 29, Issue 4. Pp. 415–422. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1075700718040081>
12. The World is Producing More PhDs than Ever Before. Is It Time to Stop? / D. Cyranoski [et al.] // Nature. 2011. Vol. 472. Pp. 276–279. DOI: <https://doi.org/10.1038/472276a>
13. The PhD in Europe: Developing a System of Doctoral Training That Will Increase the Internationalisation of Universities / C. O’Carroll [et al.] // European Higher Education at the Crossroads. 2012. Pp. 461–484. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-3937-6_26
14. **Mertens A., Robken H.** Does a Doctoral Degree Pay Off? An Empirical Analysis of Rates of Return of German Doctorate Holders // Higher Education. 2013. Vol. 66, Issue. 2. Pp. 217–231. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10734-012-9600-x>
15. **Schwabe M.** The Career Paths of Doctoral Graduates in Austria // European Journal of Education. 2011. Vol. 46, Issue 1. Pp. 153–168. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1465-3435.2010.01465.x>
16. **Santos J. M., Horta H., Heitor M.** Too Many PhDs? An Invalid Argument for Countries Developing Their Scientific and Academic Systems: The Case of Portugal // Technological Forecasting and Social Change. 2016. Vol. 113. Pp. 352–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.013>
17. **Canal-Dominguez J. F., Wall A.** Factors Determining the Career Success of Doctorate Holders: Evidence from the Spanish Case // Studies in Higher Education. 2014. Vol. 39, Issue 10. Pp. 1750–1773. DOI: <https://doi.org/10.1080/03075079.2013.806464>
18. **Herrera L., Nieto M.** The Determinants of Firms' PhD Recruitment to Undertake R&D Activities // European Management Journal. 2015. Vol. 33, Issue 2. Pp. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2014.10.003>

19. **Assbring L., Nuur C.** What's in It for Industry? A Case Study on Collaborative Doctoral Education in Sweden // Industry and Higher Education. 2017. Vol. 31, Issue 3. Pp. 184–194. DOI: <https://doi.org/10.1177/0950422217705245>
20. **Haapakorpi A.** Doctorate Holders outside the Academy in Finland: Academic Engagement and Industry-Specific Competence // Journal of Education and Work. 2017. Vol. 30, Issue 1. Pp. 53–68. DOI: <https://doi.org/10.1080/13639080.2015.1119257>
21. **Cruz-Castro L., Sanz-Menendez L.** The Employment of PhDs in Firms: Trajectories, Mobility and Innovation // Research Evaluation. 2005. Vol. 14, Issue 1. Pp. 57–69. DOI: <https://doi.org/10.3152/147154405781776292>
22. **Germain-Alamartine E.** Doctoral Education and Employment in the Regions: the Case of Catalonia // Regional Studies, Regional Science. 2019. Vol. 6, Issue 1. Pp. 299–318. DOI: <https://doi.org/10.1080/21681376.2019.1584049>
23. **Kucharavy D., De Guio R.** Application of S-shaped Curves // Procedia Engineering. 2011. Vol. 9. Pp. 559–572. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.142>
24. **Kucharavy D., De Guio R.** Logistic Substitution Model and Technological Forecasting // Procedia Engineering. 2011. Vol. 9. Pp. 402–416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.129>
25. **Виноградов В. Н., Чернова Я. Г., Кубряк О. В.** Единая государственная информационная система мониторинга аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации (ЕГИСМ) в диссертационных советах – обсуждение первых впечатлений // Информатизация образования и науки. 2014. № 2. С. 12–22.
26. **Gurtov V., Shchegoleva L.** Comparative Analysis of PhDs' Publication Activity in Russia and Other Countries // In: Proceedings of the 7th International Conference on Education and New Learning Technologies. Barcelona, Spain, 2015. Pp. 985–989. URL: <http://library.iated.org/view/GURTOV2015COM> (дата обращения: 17.10.2019).

Поступила 04.07.2019; принята к публикации 15.08.2019; опубликована онлайн 31.12.2019

Об авторах:

Гуртов Валерий Алексеевич, директор Центра бюджетного мониторинга ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (185910, Россия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33), доктор физико-математических наук, профессор, ResearcherID: D-5286-2015, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2442-7389>, vgurt@petsru.ru

Щеголева Людмила Владимировна, начальник отдела Центра бюджетного мониторинга ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (185910, Россия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33), доктор технических наук, доцент, ResearcherID: F-4064-2016, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5539-9176>, schegoleva@petsru.ru

Пахомов Сергей Иванович, профессор кафедры химической физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (115409, Россия, г. Москва, Каширское ш., д. 31), доктор химических наук, ResearcherID: AAE-3841-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7855-5394>, ScopusID: 57196116928, pakhomovsi@minobrnauki.gov.ru

Заявленный вклад соавторов:

В. А. Гуртов – исследование, анализ, интерпретация, обработка данных; Л. В. Щеголева – разработка концепции исследования, участие в планировании; С. И. Пахомов – участие в руководстве, разработка концепции исследования.

Благодарности: Авторы выражают благодарность сотрудникам Центра бюджетного мониторинга ПетрГУ за помощь в обработке статистических данных. Статья подготовлена при выполнении работы «Научно-методическое обеспечение» на 2019 год для Министерства науки и высшего образования РФ, реестровый № 730000Ф.99.1.БВ16АА01000.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Gokhberg L., Shmatko N., Auriol L. Rethinking the Doctoral Degrees in the Changing Labor Market Context. *The Science and Technology Labor Force*. 2016; 1-7. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27210-8_1
2. Kugel S.A., Vasilev Yu.S. Structure of Scientific Personnel and Change of Generations in Modern Russian Science. *Problemyi deyatelnosti uchenogo i nauchnykh kollektivov* = Problems in the Activities of Scientists and Research Teams. 2009; (25):192-197. (In Russ.)
3. Petrovskiy A.B., Semenov L.K., Malov V.S. Academy Staff: Composition, Structure, Dynamics. *Vestnik AN SSSR* = Bulletin of the USSR Academy of Sciences. 1990; (11):37-49. Available at: <http://old.ihst.ru/projects/sohist/papers/vran/1990/11/37-49.pdf> (accessed 17.10.2019). (In Russ.)
4. Allahverdyan A.G. Dynamics of Scientific Personnel in Soviet and Russian Science: Comparative Historical Research. Moscow: KogitoTsentr; 2014. 263 p. Available at: <http://old.ihst.ru/files/pdfs/aga-dynsc-research.pdf> (accessed 17.10.2019). (In Russ.)
5. Allahverdyan A.G., Agamova N.S. Dynamics of Personnel in Scientific and Innovation Activities (1990–2005). *Problemyi deyatelnosti uchenogo i nauchnykh kollektivov* = Problems in the Activities of Scientists and Research Teams. 2008; (24):133-138. (In Russ.)
6. Allahverdyan A.G. Dynamics of Research Personnel in Soviet and Post-Soviet Russia: A Comparative Statistical Analysis. *Nauka ta naukoznavstvo* = Science and Science Studies. 2015; (2):58-65. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/132200> (accessed 17.10.2019). (In Russ.)
7. Meissner D., Gokhberg L., Shmatko N. The Meaning of Doctorate Holders for Human Capital Development of Nations. *The Science and Technology Labor Force*. 2016; 343-350. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27210-8_15
8. Gokhberg L., Meissner D., Shmatko N. Myths and Realities of Highly Qualified Labor and What it Means for PhDs. *Journal of the Knowledge Economy*. 2017; 8(2):758-767. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0403-7>
9. Gurtov V.A., Shchegoleva L.V. Seeker of Doctor of Sciences (D.Sc.): Publication Activities. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* = University Management: Practice and Analysis. 2015; (2):47-56. Available at: <https://www.umj.ru/jour/article/view/266> (accessed 17.10.2019). (In Russ.)
10. Gurtov V.A., Shchegoleva L.V. Does Candidate of Sciences Need to Publish Articles? *Vyisshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. 2015; (4):25-33. Available at: <http://vov.ru/upload/4-15.pdf> (accessed 17.10.2019). (In Russ.)
11. Gurtov V.A., Shchegoleva L.V. Forecasting the Economic Need for Personnel with Higher Scientific Qualifications. *Studies on Russian Economic Development*. 2018; 29(4):415-422. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1134/S1075700718040081>
12. Cyranoski D., Gilbert N., Ledford H., et al. The World is Producing More PhDs than Ever Before. Is It Time to Stop? *Nature*. 2011; 472:276-279. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1038/472276a>
13. O'Carroll C., Purser L., Wislocka M., et al. The PhD in Europe: Developing a System of Doctoral Training That Will Increase the Internationalisation of Universities. *European Higher Education at the Crossroads*. 2012; 461-484. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-3937-6_26
14. Mertens A., Robken H. Does a Doctoral Degree Pay Off? An Empirical Analysis of Rates of Return of German Doctorate Holders. *Higher Education*. 2013; 66(2):217-231. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10734-012-9600-x>
15. Schwabe M. The Career Paths of Doctoral Graduates in Austria. *European Journal of Education*. 2011; 46(1):153-168. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1465-3435.2010.01465.x>
16. Santos J.M., Horta H., Heitor M. Too Many PhDs? An Invalid Argument for Countries Developing Their Scientific and Academic Systems: The Case of Portugal. *Technological Forecasting and Social Change*. 2016; 113:352-362. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.013>
17. Canal-Dominguez J.F., Wall A. Factors Determining the Career Success of Doctorate Holders: Evidence from the Spanish Case. *Studies in Higher Education*. 2014; 39(10):1750-1773. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/03075079.2013.806464>

18. Herrera L., Nieto M. The Determinants of Firms' PhD Recruitment to Undertake R&D Activities. *European Management Journal*. 2015; 33(2):132-142. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2014.10.003>
19. Assbring L., Nuur C. What's in It for Industry? A Case Study on Collaborative Doctoral Education in Sweden. *Industry and Higher Education*. 2017; 31(3):184-194. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1177/0950422217705245>
20. Haapakorpi A. Doctorate Holders outside the Academy in Finland: Academic Engagement and Industry-Specific Competence. *Journal of Education and Work*. 2017; 30(1):53-68. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/13639080.2015.1119257>
21. Cruz-Castro L., Sanz-Menendez L. The Employment of PhDs in Firms: Trajectories, Mobility and Innovation. *Research Evaluation*. 2005; 14(1):57-69 (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3152/147154405781776292>
22. Germain-Alamartine E. Doctoral Education and Employment in the Regions: The Case of Catalonia. *Regional Studies, Regional Science*. 2019; 6(1):299-318. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/21681376.2019.1584049>
23. Kucharavy D., De Guio R. Application of S-shaped Curves. *Procedia Engineering*. 2011; 9:559-572. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.142>
24. Kucharavy D., De Guio R. Logistic Substitution Model and Technological Forecasting. *Procedia Engineering*. 2011; 9:402-416. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.129>
25. Vinogradov V.N., Chernova Ya.G., Kubryak O.V. Unified State Information System of Attestation of Scientific and Scientific-Pedagogical Staff of the Highest Qualification in Dissertation Council – the Discussion of First Impressions. *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki* = Informatization of Education and Science. 2014; (2):12-22. (In Russ.)
26. Gurtov V.A., Shchegoleva L.V. Comparative Analysis of PhDs' Publication Activity in Russia and Other Countries. In: Proceedings of the 7th International Conference on Education and New Learning Technologies. Barcelona, Spain; 2015. p. 985-989. Available at: <http://library.iated.org/view/GURTOV2015COM> (accessed 17.10.2019). (In Eng.)

Received 04.07.2019; revised 15.08.2019; published online 31.12.2019

About the authors:

Valery A. Gurtov, Director of Budget Monitoring Center, Petrozavodsk State University (33 Prospekt Lenina, Petrozavodsk 185910, Russia), D.Sc. (Physics and Mathematics), Professor, ResearcherID: D-5286-2015, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2442-7389>, vgurt@petsu.ru

Liudmila V. Shchegoleva, Head of Department of Budget Monitoring Center, Petrozavodsk State University (33 Prospekt Lenina, Petrozavodsk 185910, Russia), D.Sc. (Engineering), Associated Professor, ResearcherID: F-4064-2016, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5539-9176>, schegoleva@petsu.ru

Sergey I. Pakhomov, Professor of Chemical Physics Chair, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute) (31 Kashirskoe Shosse, Moscow 115409, Russia), D.Sc. (Chemistry), ResearcherID: AAE-3841-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7855-5394>, ScopusID: 57196116928, pakhomovsi@minobrnauki.gov.ru

Contribution of the authors:

V. A. Gurtov – study, processing, analysis, interpretation of data; L. V. Shchegoleva – study conception, planning and supervising of the study; S. I. Pakhomov – supervision, study conception, involvement in planning.

Acknowledgements: Authors express their gratitude to colleagues from Budget Monitoring Center of PetrSU for their assistance in data processing. The article was prepared in the course of the research work “Scientific and Methodical Support” of 2019 for the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: Register No. 730000F.99.1.BV16AA01000.

All authors have read and approved the final manuscript.