М.П. ВОРОНОВ,
В.А. УСОЛЬЦЕВ,
В.П. ЧАСОВСКИХ

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ ДЕПОНИРУЕМОГО ЛЕСАМИ УГЛЕРОДА В СРЕДЕ NATURAL

Второе издание
исправленное и дополненное

Caring for the Forest:
Research in a Changing World

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF RUSSIAN FEDERATION
URAL STATE FOREST ENGINEERING UNIVERSITY

M.P. Voronov
V.A. Usoltsev
V.P. Chasovskikh

Studying methods and designing information system for calculating and mapping of forest deposed carbon in Natural software

Second Edition
Revised and updated

YEKATERINBURG 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

М.П. Воронов
В.А.Усольцев
В.П. Часовских

Исследование методов и разработка информационной системы определения и картирования депонируемого лесами углерода в среде Natural

Второе издание
исправленное и дополненное

ЕКАТЕРИНБУРГ 2012

УДК 630*52

Рецензенты:
И.В. Петрова - доктор биологических наук, заместитель директора по науке
Ботанического Сада Уральского отделения РАН

Л.Г. Доросинский – доктор технических наук, профессор Уральского федерального университета
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Воронов М.П., Усольцев В.А., Часовских В.П. Исследование методов и разработка информационной системы определения и картирования депонируемого лесами углерода в среде Natural: Монография, электронное издание. 2 изд. испр. и доп. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012. 192 с. 3,8 Мб

ISBN 978-5-94984-426-7

Путем исследования подходов, разработки моделей и совмещения баз данных о фитомассе и чистой первичной продукции (ЧПП) по 305 лесничествам Уральского региона (10 территориальных образований) рассчитаны общий углеродный пул фитомассы лесов (4556 млн. т) и годичное депонирование углерода в фитомассе (271 млн. т). Модели и алгоритмы расчетов образуют информационную систему, впервые реализованную в среде Natural. Информационная система позволяет оценивать уровень потенциального поглощения выбросов диоксида углерода лесными экосистемами, и, как следствие, существенно повысить эффективность менеджмента хозяйственной деятельности Уральского региона и муниципальных образований.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Уральского государственного лесотехнического университета

УДК 630*52

Voronov M.P., Usoltsev V.A., Chasovskikh V.P. Studying methods and designing information system of calculating and mapping of forest deposed carbon on the Natural software: Monograph, electronic edition. 2nd edition revised and updated. – Yekaterinburg: The Ural State Forest Engineering University, 2012. 192 p. 3.8 Mb

With the use of researching the methods and the superposition of phytomass database and primary production database, containing data for 305 forestries of Ural region (10 territorial units), the total carbon pool of forests phytomass (4556 million tons) and annual carbon deposition to phytomass (271 million tons) have been calculated. The models and calculating algorithms have combined into information system, which for the first time has been implemented in NATURAL environment. The information system makes it possible to evaluate the potential level of forest ecosystems absorption of carbon dioxide emission, and therefore allows to enhance the efficiency of economical activity management of Ural region and municipal institutions.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№ 00-05-64532, 01-04-96424, 04-05-96083 и 07-07-96010)

ISBN 978-5-94984-426-7

СОДЕРЖАНИЕ

Contents

Введение

Сегодня оценки биологической продуктивности лесов и депонирования углерода в них для России и Северной Евразии различаются в несколько раз. При такой неопределенности прогнозирование региональной и глобальной экологической ситуации невозможно. Одна из основных причин неопределенности – отсутствие достаточно надежной базы эмпирических данных о биологической продуктивности лесов.

Первая попытка свести воедино на глобальном уровне данные пробных площадей с оценкой фитомассы насаждений была предпринята Л. Е. Родиным и Н. И. Базилевич (1965). В их монографии для основных природных зон от тундр до тропиков и саванн по данным 150 пробных площадей были приведены показатели запасов органического вещества и биологического круговорота главнейших типов растительности суши.

В нашей монографии (Усольцев, 2001) была помещена первая сводка о фитомассе лесных насаждений для всей территории Северной Евразии от Великобритании до Японии, включающая в себя 5085 определений. Она продублирована в Интернете в составе «Biomass Compartments Database» под авторством Маурицио Теобалделли (http://afoludata.jrc.ec.europa.eu/index.php/public_area/biomass_compartments) и вошла в мировую сводку о фитомассе лесов, составленную в Тропическом ботаническом саду (Автономная префектура Сишуанбаньна) Китайской академии наук (D. Schaefer, устное сообщение).

За последние годы русскоязычная лесоведческая литература пополнилась новыми данными о фитомассе лесных насаждений. Кроме того, стали доступными несколько десятков публикаций по биопродуктивности лесов Северного Китая, а главное – сводка данных о фитомассе всех лесообразующих пород Китая в количестве 668 пробных площадей (Luo, 1996; contact: Tianxiang Luo, Dr./Associate Prof., luotx@igsnrr.ac.cn, luotx@cern.ac.cn). Поэтому назрела необходимость актуализации нашей базы данных о фитомассе лесов Евразии по состоянию на конец 2009 г., что было реализовано в нашей последней монографии (Усольцев, 2010).

В упомянутой монографии (Усольцев, 2010) было приведено детальное описание методики и результаты ее реализации по оценке запаса углерода и его годичного депонирования на основе баз данных фитомассы, первичной продукции и материалов Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) для территории Уральского федерального округа (шесть территориальных образований). К настоящему времени эти расчеты и карты-схемы дополнены территорией четырех территориальных образований, примыкающих к УрФО с запада. Сводным данным по 10 территориальным образованиям Уральского региона посвящен раздел 1.1.

В той же монографии (Усольцев, 2007) было показано существенное различие точности оценок первичной продукции по двум методам,

реализуемым с помощью регрессионных моделей. По экспериментальным значениям первичной продукции сосняков, взятым в базе данных, рассчитывались уравнения зависимости первичной продукции от массообразующих (таксационных) показателей древостоев и затем полученные уравнения табулировали по фактическим таксационным показателям тех же насаждений на тех же пробных площадях. По соотношению фактических и расчетных значений первичной продукции рассчитывали ошибки ее определения. Было показано, что предложенный нами метод дает для сосняков значительно более низкую ошибку определения (16 против 43% к фактическим значениям) по сравнению с прототипом. В разделе 1.2 приведены результаты сопоставления двух методов по основным лесообразующим древесным породам Северной Евразии.

Таким образом,

- с течением времени происходит непрерывное пополнение баз данных о фитомассе и первичной продукции лесов новыми материалами – фактическими определениями на пробных площадях;
- расчет и картирование углеродных пулов и годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений на лесопокрытых площадях территориальных образований (с принятием площади лесничества в качестве исходной единицы расчета и картирования) представляет собой чрезвычайно трудоемкую и многоэтапную процедуру, что создает существенные проблемы при актуализации подобных результатов;
- нет общепризнанных достаточно адекватных методов расчета депонирования углерода на лесопокрытых площадях, и любое методическое усовершенствование влечет за собой весьма трудоемкую модификацию результата расчетов и картирования;
- материалы ГУЛФ регулярно обновляются, изменяются лесопокрытые площади лесничеств за счет изменения категорий земель, а также за счет объединения-разделения «держателей» лесфонда, что также требует непрерывной чрезвычайно трудоемкой актуализации результата расчетов и картирования углеродного пула и депонирования углерода в фитомассе на лесопокрытых площадях.

Все перечисленное означает, что алгоритмы расчета и картирования пулов углерода и его депонирования на лесопокрытых площадях необходимо переводить с существующей примитивной системы многоэтапных громоздких расчетов в режим их автоматизации на основе последних достижений в области информационных технологий.

Информационные потоки сейчас на шесть порядков превышают естественные возможности человечества усваивать информацию (Кондратьев и др., 2003), т.е. лишь одна миллионная часть информации усваивается, а все остальное представляет собой информационный шум, затрудняющий процесс обучения специалиста и получения им нужной информации. Традиционная бумажная информатика, основанная на технологии накопления и распространения информации, но не ее обработки, структурирования и сжатия,

давно исчерпала себя, и будущее – за безбумажной информатикой (Глушков, 1987).

Накопленный опыт совмещения регрессионных моделей фитомассы насаждений с таблицами хода роста (ТХР) древостоев и матрицами данных ГУЛФ (Алексеев, Бердси, 1994; Исаев, Коровин, 1997; Усольцев, 1998а, 2002; 2007; Швиденко и др., 2000) создает предпосылку для создания автоматизированных и актуализируемых систем пространственного анализа депонирования углерода в формате системы управления базой данных (СУБД). Нетривиальными возможностями, позволяющими строить как традиционные иерархические, сетевые и реляционные SQL базы данных, так и сложные текстовые информационно-поисковые и интегрированные системы, системы обработки изображений и постреляционные структуры для моделирования человеческой деятельности, экспертного анализа сложных производственных и прочих процессов, обладает одна из наиболее быстродействующих в мире СУБД ADABAS (http://www.softwareag.com/ru) с редактором приложений Natural (Часовских и др., 2006).

СУБД ADABAS (сокр. от: Adaptable DAta BAse System) является программным продуктом фирмы Software AG, впервые вышедшим на рынок систем обработки данных в 1969 г. Этот продукт давно известен специалистам в России как высоконадежная и чрезвычайно производительная СУБД для создания и эксплуатации больших баз данных на мейнфреймах (Брусенков и др., 1996). Однако до сих пор она не была задействована не только в решении проблем оценки углерододепонирующей способности лесов, но и вообще в решении каких-либо задач лесного и лесопромышленного комплексов. Разработке автоматизированной информационной системы пространственного анализа органического углерода, депонируемого лесными экосистемами 10 территориальных образований Уральского региона, посвящена глава 2.

Авторы выражают благодарность за большую помощь при выполнении работы аспирантам Е.В. Бараковских и Н.В. Накай, а также доктору биологических наук К.С. Бобковой (г. Сыктывкар) за обеспечение исходными данными.

Introduction

Today estimations of biological efficiency of woods and carbon deposition in them for Russia and Northern Eurasia differ several times. At such uncertainty forecasting of a regional and global ecological situation is impossible. One of uncertainty principal causes - absence enough reliable base of empirical data about biological efficiency of woods.

The first attempt to reduce together at global level data of the trial areas with an estimation of phytoweight of plantings has been undertaken by L.E.Rodinym and N.I.Bazilevich (1965). In their monography for the basic natural zones from tundra to tropics and savannas according to 150 trial areas indicators of stocks of organic substance and biological circulation of the pivotal types of vegetation of a land have been resulted.

In our monography (Usoltsev, 2001) the first report about phytoweight of wood plantings for all territory of Northern Eurasia from the Great Britain to Japan, including 5085 definitions has been placed. It has been duplicated on the Internet in structure «Biomass Compartments Database» under authorship Mauricio Teobaldelli (http://afoludata.jrc.ec.europa.eu/index.php/public_area/biomass_compartments) also has entered into a world report about phytoweight of the woods, made in the Tropical botanical garden (Independent prefecture Sishuanbanna) Chinese academy of sciences (D. Schaefer, the oral message).

For last years Russian-speaking лесоведческая the literature has replenished with new data about phytoweight of wood plantings. Besides, there were accessible some tens publications on bioefficiency of woods of Northern China, and the main thing - a report of data about phytoweight of all forest generating breeds of China in number of 668 trial areas (Luo, 1996; contact: Tianxiang Luo, Dr./Associate Prof., luotx@igsnrr.ac.cn, luotx@cern.ac.cn). Therefore has ripened necessity of actualisation of our database about phytoweight of woods of Eurasia as of the end of 2009 that has been realised in our last monograph (Usoltsev, 2010).

In the mentioned monography (Usoltsev, 2010) the detailed description of a technique and results of its realisation according to a stock of carbon and its year deposition on the basis of databases of phytoweight, primary production and materials of the State account of wood fund for territory of the Ural federal district (six territorial formations) have been resulted. By present time these calculations and cards-schemes are added by territory of four territorial formations adjoining to Ural federal district from the West. By 10 territorial formations of the Ural region section 1.1 is devoted summary data.

In the same monograph (Usoltsev, 2007) essential distinction of accuracy of estimations of primary production on two methods realised with the help of regression models has been shown. On experimental values of primary production of the pine forests, taken in a database, the equations of dependence of primary production from mass generating (forest valuating) indicators of forest stands paid off and then the received equations tabulated on actual forest valuating to indicators of the same plantings on the same trial areas. On a parity of actual and settlement values

of primary production counted errors of its definition. It has been shown, that the method offered by us gives for pine forests much lower error of definition (16 against 43 % to actual values) in comparison with a prototype. In section 1.2 results of comparison of two methods on the forest generating cores to tree species of Northern Eurasia are resulted.

Thus,

- eventually there is a continuous replenishment of databases about phytoweight and primary production of woods new materials - actual definitions on the trial areas;
- calculation and mapping of carbon pools and year deposition of carbon in phytoweight of plantings on the forest areas of territorial formations (with acceptance of the area of a forest area as initial unit of calculation and mapping) represents extremely labour-consuming and многоэтапную procedure that creates vital issues at actualisation of similar results;
- there are no adequate methods of calculation of deposition of carbon conventional enough on лесопокрытых the areas, and any methodical improvement involves rather labour-consuming updating of result of calculations and mapping;
- materials of the state account of wood fund regularly are updated, change of forest areas at the expense of change of categories of the earths, and also at the expense of association-division of forest fund "holders", that also demands continuous extremely labour-consuming actualisation of result of calculations and mapping a carbon pool and carbon deposition in phytoweight on forest areas.

All listed means, that and mapping pools of carbon and its deposition on the forest areas it is necessary to translate algorithms of calculation from existing primitive system multistage bulky calculations in a mode of their automation on the basis of last achievements in the field of information technologies.

Information streams now on six usages exceed natural possibilities of mankind to acquire the information (Kondratyev, etc., 2003), i.e. only one million part of the information is acquired, and all the rest represents the information noise complicating process of training of the expert and reception by it necessary information. The traditional paper computer science based on technology of accumulation and distribution of the information, but not its processings, structurization and compression, has settled for a long time itself, and the future - behind paperless computer science (Glushkov, 1987).

The saved up experience of combination regression models of phytoweight of plantings with tables of a course of forest stands growth and matrixes given by the state account of wood fund (Alexeys, Berdsi, 1994; Isaev, Korovin, 1997; Usoltsev, 1998a, 2002; 2007; Shvidenko, etc., 2000) creates the precondition for creation of the automated and staticized systems of the spatial analysis of deposition of carbon in a format of a control system of database (DMS). Not trivial possibilities, allowing to build as traditional hierarchical, network and relational SQL databases, and the difficult text information retrieval and integrated systems, systems of processing of images and post-relational structures for modelling of human activity, the expert analysis of difficult industrial and other processes, one of the most high-speed in

world DMS ADABAS (http://www.softwareag.com/ru) with the editor of appendices Natural (Chasovskykh, etc., 2006) possesses.

DBMS ADABAS is a professional technical DBMS that is intended for information systems design and for laboriously formalizable applications solutions. This is multifunctional DBMS, successfully applied in such fields of activity as Organisation Management, Scientific and Technical and Bibliographic Data Operation, Design Automation, Economic Information Operating. In order to operating large and very large databases (LDB and VLDB), it provides efficient performance and has advanced means of control, maintenance and recovery of data integrity.

Natural is a Software AG platform, which is assigned for development of both transaction applications and the whole information systems. It's a high-level programming language that enables appreciably to reduce the time and the costs that are necessary for business applications design and delivers developers from the programming difficulties. Natural provides all the kinds of user interfaces, including Web, Windows graphical interface, character-at-a-time terminals. Applications, which were designed in Natural, can be easily integrated with any external service, such as XML/Web-services, DCOM, CORBA, etc. Natural applications can maintain the majority of relational and post-relational databases. The environment of design and operation of Natural applications is compatible for all main operating systems and hardware platform, including mainframes, Unix, OS2, OpenVSM, etc.

The created information system is based on the following principles:

1. Functional independence of each of blocks.
2. Functioning each of blocks in the distributed environment.
3. An opportunity of replacement of the functioning environment for each block.
4. Exception of participation of users during data gathering, data processing, calculating, analyzing and output of results to a map or to report forms.

The system can be used in the following fields of activity:

1. Monitoring environmental contamination CO2.
2. Forests condition forecast on the basis of phytomass growth calculating.
3. Cadastral cost calculation automated system.
4. The account and planning of timber industry enterprises production.
5. Monitoring and mapping of forest fire materials.

Within the created information system Ural forests carbon deposition data can be automatically re-calculated and updated.

Authors express gratitude for the big help at performance of work to post-graduate students E.V.Barakovsky and N.V.Nakaj, and also Dr.Sci.Biol. K.S.Bobkovoj (Syktyvkar) for maintenance with initial data.

Глава 1
Запас и годичное депонирование углерода в фитомассе лесов (на примере 10 территориальных образований Уральского региона)

Настоящая глава посвящена оценке углерододепонирующей способности лесных насаждений на лесопокрытых площадях Уральского региона с принятием в качестве исходной (базовой) единицы расчетов территории отдельного лесхоза. Использовано старое название исходных единиц лесоинвентаризации (лесхоз, а не нынешнее лесничество), действующее на момент последнего (2007 г.) лесоустройства, поскольку все используемые нами материалы ГУЛФ относятся к периоду до реструктуризации лесного хозяйства России.

Специфика российского лесоустройства позволяет выполнять оценку углерододепонирующей способности лесного покрова путем совмещения многофакторных регрессионных моделей фитомассы и первичной продукции с данными ГУЛФ на исходном уровне лесотаксационных выделов. Однако повыдельные данные ГУЛФ фактически недоступны для исследователей. Поэтому материалы ГУЛФ (формы 1 и 2) нами структурируются и представляются в виде двухвходовых матриц, т.е. распределений лесопокрытых площадей по запасам стволовой древесины и группам возраста каждой лесообразующей породы. С учетом возраста главной рубки, назначенного лесоустройством по каждой породе, группы возраста идентифицированы классами возраста.

Наши расчеты запасов углерода в фитомассе лесных экосистем выполняются с использованием эмпирических моделей зависимости значений фитомассы, полученных на пробных площадях, от основных массоопределяющих факторов – возраста и запаса стволовой древесины, входящих в матрицы данных ГУЛФ по 305 лесхозам Уральского региона, площадь которого составляет 16% от общей территории России (рис. 1.1).

1.1. Углеродный пул в насаждениях лесопокрытых площадей Уральского региона

1.1.1. Регрессионные модели фитомассы насаждений

Из сформированной базы данных о запасах фитомассы в насаждениях основных лесообразующих древесных пород Северной Евразии (Усольцев, 2010) для Урала и прилегающих к нему регионов отобрано 1400 определений, в том числе: сосна – 326, ель – 71, пихта –52, лиственница – 176, кедр – 73, дуб – 127, береза – 172, осина и тополь – 81, ольха серая – 34, ольха черная – 30, липа – 215, ясень – 37; клен - 6 определений фитомассы, т/га.

Рис. 1.1. Положение 10 территориальных образований Уральского региона на территории России

Данные фитомассы проанализированы в связи с возрастом и запасом древостоев как основными определяющими массообразующими показателями, входящими в сводки ГУЛФ. Модели, описывающие зависимость фитомассы в абсолютно сухом состоянии (*Pi*, т/га) каждой фракции (стволы, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы, куда включены подлесок, подрост и напочвенный покров – соответственно *Pst, Pbr, Pf, Pr, Pu*, т/га) от возраста (*A*, лет) и запаса (*M*, м^3/га) насаждения, рассчитаны для каждой древесной породы отдельно.

Общий вид модели:

$$\ln P_i \text{ или } \ln(P_i/M) = f\,[\ln A, (\ln A)^2, \ln M, \ln(Pbr/M), \ln(Pf/M), Pst]. \qquad (1.1)$$

Ее характеристика по древесным породам приведена в **табл. 1.1.** Несмотря на относительно низкие коэффициенты детерминации для некоторых фракций, все приведенные в **табл. 1.1** константы статистически значимы на уровне t_{05} .

Таблица 1.1

Характеристика уравнений (1.1) для лесообразующих пород Урала

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4\ln(Pbr/M)$		
Лиственница							
ln*Pst*, т/га	-0,8145	0,0396	-	0,9956	-	0,992	0,106
ln(*Pbr/M*), т/м^3	1,4611	-1,7473	0,1777	-	-	0,288	0,236
ln(*Pf/M*), т/м^3	-0,9048	-0,3814	-	-	0,5662	0,519	0,367
ln*Pr*, т/га	-1,2790	0,3425	-	0,5960	-	0,856	0,504
ln(*Pu*), т/га	1,7538	0,6194	-	-0,8091	-	0,501	0,762
Сосна							
ln*Pst*, т/га	-1,2149	0,3145	-0,0349	0,9366	-	0,974	0,151
ln(*Pbr/M*), т/м^3	-1,9419	0,2167	-	-	0,5508	0,559	0,300
ln(*Pf/M*), т/м^3	7,5882	-4,9154	0,5260	-	-	0,706	0,441
ln*Pr*, т/га	-0,9580	-	-	0,7821		0,706	0,429
ln(*Pu/M*), т/м^3	-1,5852	1,0249	-	-1,4294	-	0,649	0,960
Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4\ln(Pf/M)$		
Ель							
ln*Pst*, т/га	-0,6161	-	-	0,9605	-	0,982	0,134
ln(*Pbr/M*), т/м^3	1,4929	-1,3734	0,1940	-	0,6856	0,800	0,213
ln(*Pf/M*), т/м^3	6,0568	-3,7282	0,3798	-	-	0,786	0,298
ln(*Pr/M*), т/м^3	2,7612	-	-	-0,8556	-	0,840	0,234
Ln(*Pu/M*), т/м^3	4,3825	-	-	-1,5607	-	0,750	0,765
Пихта							
ln*Pst*, т/га	2,3780	-1,5254	0,1689	0,9886	-	0,955	0,129
ln(*Pbr/M*), т/м^3	7,6323	-4,1512	0,4913	-	0,5753	0,872	0,181
ln(*Pf/M*), т/м^3	15,065	-7,7931	0,8211	-	-	0,826	0,226
ln*Pr*, т/га	-2,9922	-	-	1,0748	-	0,902	0,179
ln(*Pu/M*), т/м^3	-2,7293	0,6354	-	-0,8855	-	0,509	0,442
Кедр							

ln*Pst*, т/га	-1,1105	-	-	1,0470	-	0,988	0,167
ln(*Pbr/M*), т/м^3	-5,3615	2,4578	-0,2575	-	0,9188	0,899	0,307
ln(*Pf/M*), т/м^3	3,8772	-2,4564	0,1971	-	-	0,848	0,390
ln*Pr*, т/га	-1,6951	-	-	0,9063	-	0,945	0,218
ln(*Pu/M*), т/м^3	1,0038	0,4517	-	-1,3257	-	0,790	0,552
Береза							
ln*Pst*,т/га	-0,7536	-	-	1,0154	-	0,991	0,106
ln(*Pbr/M*), т/м^3	-1,8086	0,1202	-	-	0,2838	0,456	0,163
ln(*Pf/M*), т/м^3	4,4164	-2,2059	0,2151	-	-	0,771	0,304
ln*Pr*, т/га	-0,0821	-	-	0,6536	-	0,860	0,341
ln(*Pu/M*), т/м^3	1,2350	0,2981	-	-1,3447	-	0,731	0,105
Осина и тополь							
ln*Pst*,т/га	-0,7897	0,1124	-	0,9261	-	0,984	0,161
ln(*Pbr/M*), т/м^3	-1,0142	0,8695	-	-	1,0947	0,743	0,299
ln(*Pf/M*), т/м^3	1,7256	-2,5244	0,2374	-	-	0,731	0,389
ln*Pr*, т/га	-1,2991	-	-	0,8939	-	0,852	0,356
ln(*Pu/M*), т/м^3	0,5967	-	-	-1,0621	-	0,763	0,615
Ольха серая и черная							
ln*Pst*,т/га	-0,3275	-0,2818	-	1,1265	-	0,894	0,156
ln(*Pbr/M*), т/м^3	-2,4008	-	-	-	0,1476	0,306	0,152
ln(*Pf/M*), т/м^3	-0,3735	-	-	-0,7524	-	0,841	0,337
ln*Pr*, т/га	-1,3891	0,3286	-	0,6470	-	0,903	0,128
ln(*Pu/M*), т/м^3	1,1616	-	-	-1,0462	-	0,623	0,415

Дуб

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	a_1(ln*A*)	a_3(ln*M*)	$a_4$ln(*Pf/M*)	a_5(*Pst*)		
ln*Pst*,т/га	-0,4819	-	1,00484	-	-	0,976	0,292
ln(*Pbr/M*), т/м^3	-0,7497	0,3695	0,9108	0,6048	-	0,824	0,182
ln(*Pf/M*), т/м^3	-0,2956	-0,3000	-0,4610	-	-	0,714	0,301
ln*Pr*, т/га	-	-	-	-	0,285	-	-
ln(*Pu*), т/м^3	-3,9601	0,5389	0,5301	-	-	0,348	0,961

Липа

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	a_1(ln*A*)	a_2 (ln*A*)^2	a_3 (ln*M*)	a_4 ln(*Pf*)		
ln*Pst*, т/га	-1,4452	0,2491	-0,0238	1,0030	-	0,999	0,028
ln(*Pbr/M*), т/м^3	-3,2115	1,6353	-0,1508	-0,8069	0,6183	0,856	0,150
ln(*Pf/M*), т/м^3	-1,5583	0,9921	-0,1312	-0,9014	-	0,931	0,184
ln(*Pr/M*), т/м^3	2,5159	-	-	-0,7900	-	0,884	0,303
ln(*Pu/M*), т/м^3	10,242	10,418	1,0860	1,6729	-	0,846	0,533

Клен

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	a_1(ln*A*)	a_3(ln*M*)	a_4(ln*Pf*)	a_5(*M*)		
ln*Pst*,т/га	-1,6425	-	1,2127	-	-	0,946	0,192
ln(*Pbr/M*),т/м^3	-6,4657	1,5213	-	4,2300		-	-
ln(*Pf*), т/га	-1,8226	-	0,5470	-	-	0,452	0,401
ln(*Pr*), т/га	-3,1773	-	1,2633	-	-	0,335	1,188
ln(*Pu*), т/м^3	-	-	-	-	0,03	-	-

1.1.2. Расчет и картирование углеродного пула

Табулированием моделей (1.1) по запасу стволов (*M*, м^3/га) и возрасту (*A*, лет) насаждений рассчитаны запасы фитомассы по фракциям на 1 га лесопокрытой площади в каждой ячейке матрицы. Затем умножением их на лесопокрытую площадь, соответствующую каждой ячейке исходных матриц, получены запасы фитомассы на всей площади. После сложения результатов по классам возраста получены итоговые запасы фитомассы по каждой фракции отдельно для каждой породы, и путем сложения последних по фракциям и породам получены итоговые запасы фитомассы на всей покрытой лесом площади лесхоза. Мы получили показатели фитомассы, взвешенные по классам возраста, запасам стволовой древесины и долевому участию каждой породы. Детальное изложение алгоритма расчетов дано в нашей предыдущей работе (Усольцев, 2007).

В таблице 1.2 сопоставляются результаты оценок фитомассы на покрытых лесом площадях, полученных для разных регионов путем: 1) названного выше совмещения и 2) простой экстраполяции данных пробных площадей на природные зоны и подзоны.

Таблица 1.2

Соотношение оценок запаса фитомассы (т/га) на покрытых лесом площадях, полученных двумя разными методами

Регион	Источник информации	Фитомасса на 1 га покрытой лесом площади, полученная:		Отношение 2:1
		путем совмещения данных о фитомассе с ГУЛФ (метод 1)	по данным карт-схем (Базилевич, Родин, 1967) (метод 2)	
Территория УрФО в том числе: - лесотундра	Усольцев, 2007	<20	25-50	2,5
-северная тайга		20-50	50-150	2,7
-средняя тайга		50-80	150-300	3,5
-южная тайга		80-200	300-400	2,5
Архангельская обл.	Цветков, Сурина, 2003	44	50-150	2,3
Литва	Бумблаускис, 1996	133	300-400	2,6
Пермский край	Бараковских, 2009	102	300	3,0
Башкирия	Канунникова, 2007	111	13-25	0,17

	Кашапов, 2001, 2004	209*	13-25	0,09
Бурятия	Тулохонов и др., 2006	77	13-25	0,25
Оренбургская область	Усольцев и др., 2007	80-100	5-13	0,10

* Цифра получена путем экстраполяции данных фитомассы пробных площадей на лесопокрытую площадь.

Очевидно, что карты-схемы Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина (1967) для северной и центральной частей бореальной зоны завышают оценки фитомассы примерно втрое, а для лесостепной и степной, напротив, занижают в 4-6 раз, а по Р.Ш. Кашапову – даже в 11 раз. Если 3-кратное завышение оценок Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина (1967) для таежной зоны и 4-6- кратное занижение для лесостепи и степи можно объяснить применением простой эктраполяции данных пробных площадей на лесопокрытую площадь, то в 11 раз завышенные оценки Р.Ш. Кашапова для Башкирии по сравнению с соответствующими данными карты-схемы Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина, объяснению не подлежат, поскольку в обоих случаях использована методика прямой экстраполяции данных пробных площадей на лесопокрытую площадь. При этом в обоих случаях использованы данные фитомассы, полученные на одних и тех же 26 пробных площадях, заложенных в лесах бывшего СССР и опубликованных в монографии Л.Е. Родина и Н.И. Базилевич (1965).

Путем деления полученных запасов фитомассы на лесопокрытую и общую площади получены распределения по лесхозам запасов фитомассы в т на 1 га соответственно лесопокрытой и общей площадей. Итоговые цифровые данные о запасах фитомассы пересчитаны по переводным коэффициентам фитомасса: углерод (0,5 для древесной части и 0,45 для листвы и нижних ярусов) на показатели углерода (табл. 1.3).

Сводные результаты по 305 лесхозам Уральского региона представлены в виде карты-схемы (рис. 1.2), на которой отчетливо прослеживается общая закономерность «профиля продуктивности», по Е.М. Лавренко с соавторами (1955): повышение запаса углерода на 1 га в направлении от лесотундр к уральским горным лесам с последующим снижением по мере продвижения в зону степи.

Таким образом, установлено, что общий пул органического углерода насаждений уральского региона составляет 4556 млн. т, в том числе по автономным округам: Ямало-Ненецкий – 445 и Ханты-Мансийский – 1072, по областям: Тюменская – 334, Свердловская – 631, Курганская – 62, Челябинская – 134, Оренбургская – 20, по Коми республике – 1111, по Пермскому краю – 479 и Башкирии – 268 млн. т (табл. 1.3 и 1.4).

Таблица 1.3

Краткая таксационная характеристика и депонирование углерода в фитомассе лесов административных образований Уральского региона

Породный состав*	Средний возраст, лет	Покрытая лесом площадь, тыс. га	Общий запас, тыс. $м^3$	Средний запас, $м^3$/ га	Запас углерода в фитомассе			Годичное депонирование углерода в фитомассе			Лесистость, %
					общее, тыс. т	т/га		общее, тыс. т	т/га		
						1*	2*		1*	2*	
Ямало-Ненецкий автономный округ											
3С3Л2К1Е1Б	155	16274	1115123	69	445435	27,4	8,3	25412	1,56	0,47	22
Ханты-Мансийский автономный округ											
4С2К1Е2Б1Ос	150	25602	2943738	115	1071967	41,9	22,9	63781	2,49	1,36	49
Республика Коми											
6Е2С1Б1Ос	140	29229	2855807	98	1110692	38,0	29,3	54204	1,85	1,43	70
Свердловская область											
4С1К1Е3Б1Ос	90	10553	1587025	150	630793	59,8	46,3	39263	3,72	2,88	54
Тюменская область без округов											
5Б 2С1К1Е1Ос	120	6353	907696	143	333890	52,6	33,6	21124	3,32	2,12	39
Курганская область											
8Б 2С	50	1189	169303	142	62425	52,5	42,0	4770	4,01	3,21	17
Пермский край											
5Е1С3Б1Ос	90	9364	1261600	135	479205	51,2	47,3	32796	3,50	3,23	58
Башкирия											
3Б3Л 2С2Ос	80	4805	716300	149	267473	55,7	50,0	18222	3,79	3,40	33
Челябинская область											
5Б 3С1Е,Лп1Ос	50	2316	364200	157	134082	57,9	50,4	10440	4,51	3,93	26
Оренбургская область											
2Д3Ос1С1Б1В1Л1И	70	405	50365	124	20206	49,9	39,0	1450	3,58	2,80	3,3
В целом по административным образованиям											
-	-	106090	11971157	113	4556168	42,9	24,8	271462	2,55	1,47	40

* 1 и 2 – соответственно на 1 га покрытой лесом и общей (в границах лесничеств) площади

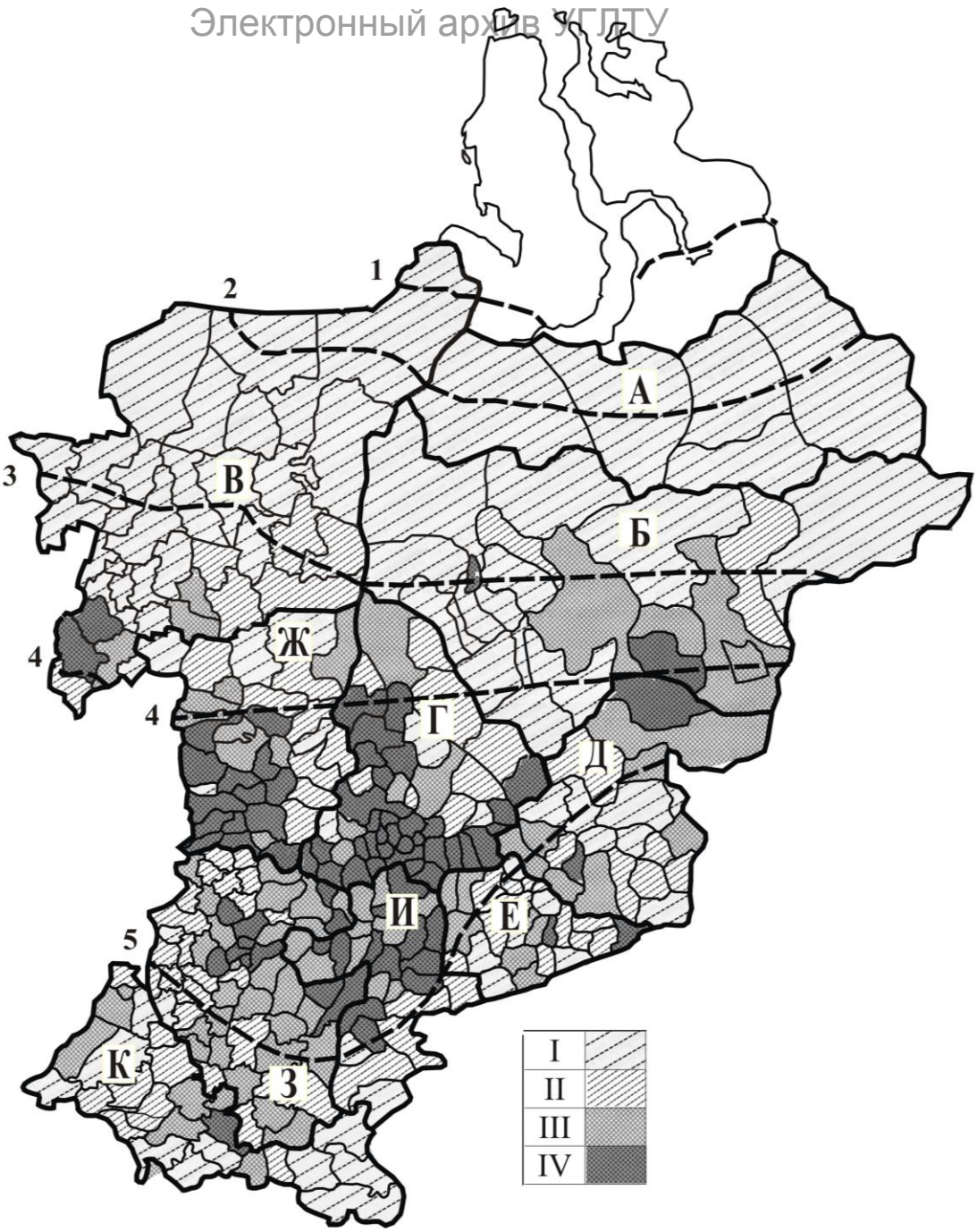


Рис. 1.2. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений в расчете на лесопокрытую площадь. Градации запасов углерода, т/га: I – 8,0-45,2; II – 45,2-53,1; III – 53,1-59,8; IV – 59,8-124. Сплошной линией обозначены границы лесничеств, пунктирной – южные границы: 1 – тундры, 2 – лесотундры, 3 – северной тайги, 4 – средней тайги, 5 – южной тайги. Буквами обозначены административные образования: А – Ямало-Ненецкий АО; Б - Ханты-Мансийский АО; В – республика Коми; Г – Свердловская обл.; Д – Тюменская обл.; Е – Курганская обл.; Ж – Пермский край; З – Башкирия; И – Челябинская обл.; К – Оренбургская обл.

Расчеты запасов углерода насаждений, отнесенных на 1 га лесопокрытой площади в пределах административных образований оказались довольно близкими к аналогичным показателям, полученным В. А. Алексеевым и Р. А. Бердси (1994). Однако наши результаты дают более детальную информацию, поскольку получены на уровне лесхозов.

Полученные результаты по зональному градиенту представлены в табл. 1.5. Средний запас углерода в фитомассе лесов возрастает от 10 т/га в лесотундре до 52 т/га в южнотаежной подзоне и затем снижается до 39 т/га в лесостепи.

Полученные для Уральского региона показатели запасов углерода в фитомассе насаждений на 1 га несопоставимо выше аналогичных показателей европейских стран, что подтверждают, в частности, данные, имеющиеся по Англии. Даже районы Англии с наибольшей плотностью органического углерода на 1 га находятся примерно на уровне Ямало-Ненецкого автономного округа (Cannel, Milne, 1995).

Таблица 1.4

Распределение запаса и годичного депонирования углерода в административных образованиях по лесопокрытой площади, тыс. га и %

Лесопокрытая площадь, всего*	В том числе по градациям запаса углерода, т/га**				В том числе по градациям годичного депонирования углерода, т/га			
	3-39	39-47	47-55	55-110	0,4-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-6,0
Ямало-Ненецкий автономный округ								
16274	16274	-	-	-	16274	-	-	-
100	100	-	-	-	100	-	-	-
Ханты-Мансийский автономный округ								
25602	22736	2866	-	-	25602	-	-	-
100	89	11	-	-	100	-	-	-
Республика Коми								
29229	22602	3891	1036	1699	2277	26951	-	-
100	77	13	4	6	92	8	-	-
Свердловская область								
10553	3597	1860	1101	3995	3012	2081	3873	1587
100	34	18	10	38	28	20	37	15
Тюменская область без округов								
6353	4562	1481	214	96	5458	353	207	335
100	72	23	3	2	86	6	3	5
Курганская область								
1189	356	604	147	82	235	888	34	32
100	30	51	12	7	20	74	3	3
Пермский край								
9364	1267	3719	2592	1786	4160	2352	659	2193
100	13	40	28	19	44	25	7	24

Башкирия								
4805	-	1132	2913	760	298	2265	2019	223
100	-	23	61	16	6	47	42	5
Челябинская область								
2316	179	31	1436	670	109	135	937	1135
100	8	1	62	29	5	6	40	49
Оренбургская область								
405	126	132	147	-	124	132	149	-
100	31	33	36	-	30	33	37	-

* В первой строке – тыс. га, во второй – %; ** градации приняты согласно легенде на рис. 1.1

А.З. Швиденко с соавторами (2007) совмещали с данными ГУЛФ регрессионные модели фитомассы, рассчитанные в зависимости от трех таксационных показателей – возраста древостоя индекса класса бонитета и относительной полноты. Сопоставив свои результаты с нашими на примере шести территориальных образований УрФО (Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа и Тюменская, Курганская, Свердловская и Челябинская области), они пришли к выводу: «В целом, для сравниваемой территории общая фитомасса, по В.А. Усольцеву, меньше нашей на 3%, а надземная – на 5%. Расхождения эти сопоставимы с точностью оценивания и еще раз подтверждают ту точку зрения, что существует заметный прогресс в познании закономерностей формирования и оценки фитомассы лесов» (рис. 1.3).

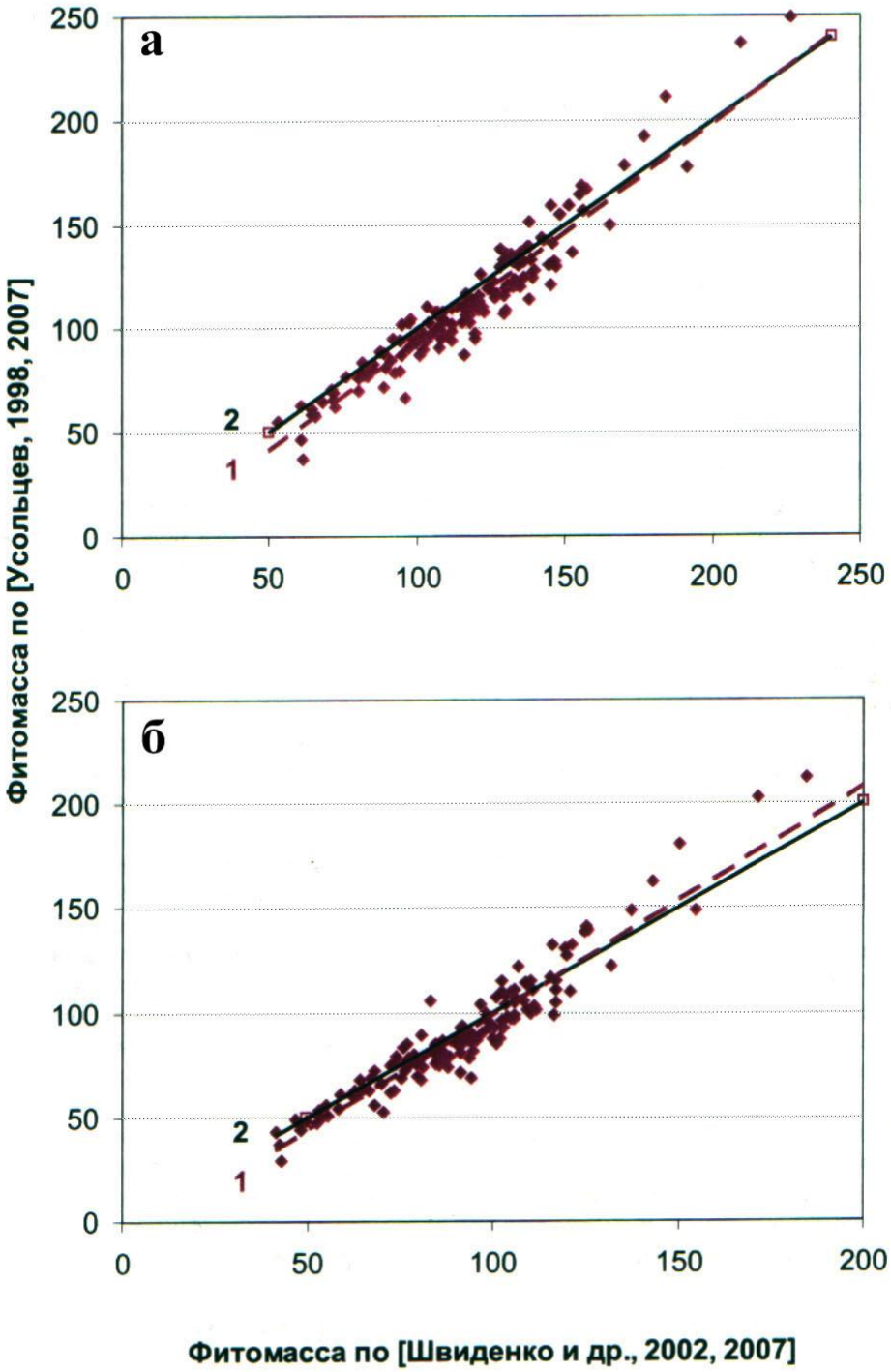


Рис. 1.3. Сравнение оценок запасов абсолютно сухой общей (а) и надземной (б) фитомассы насаждений, полученной разными методами, т/га (Швиденко и др., 2007).

Таблица 1.5

Распределение по зональному градиенту запаса углерода и его годичного депонирования в фитомассе насаждений покрытых лесом площадей уральского региона

Природные зоны и подзоны	Запас углерода в фитомассе, т/га	σ запаса углерода, т/га	Годичное депонирование углерода, т/га	σ годичного депонирования углерода, т/га
Лесотундра	10,1	±3,2	0,51	±0,12
Северная тайга	23,8	±10,5	1,23	±0,56
Средняя тайга	36,7	±11,5	2,07	±0,68
Южная тайга	52,2	±13,5	3,67	±0,84
Предлесостепь и лесостепь	38,9	±13,0	2,90	±0,95

Примечание: Символом σ обозначено среднеквадратическое отклонение.

1.2. Обоснование метода оценки годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений на лесопокрытых площадях и ее результаты

1.2.1. Регрессионные модели годичной первичной продукции насаждений

В лесной таксации общеизвестна обратно пропорциональная зависимость процента текущего прироста стволов (т.е. частного от деления текущего прироста древостоя по запасу на его запас, выраженного в процентах) от возраста, выражаемая обычно гиперболической либо иной, близкой по биологическому смыслу функцией. Эту зависимость распространяют на определение так называемого конверсионного коэффициента - показателя, представляющего собой частное от деления годичного прироста (чистой первичной продукции - ЧПП) той или иной фракции фитомассы Z_i (т/га) на запас стволовой древесины (M, м^3/га), как функцию величины, обратной возрасту древостоя (1/A) (Замолодчиков, Уткин, 2000; Уткин и др., 2003):

$$Z_i / M = a_0 + a_1 (1/A), \qquad (1.2)$$

где Z_i – годичный прирост массы i–й фракции (Zf , Zbr, Zst, Zr и Zu – соответственно хвои, ветвей, стволов, корней и нижних ярусов) в абсолютно сухом состоянии, т/га.

Из сформированной базы данных о NPP и фитомассе насаждений Северной Евразии (Усольцев, 2007) для Уральского региона отобраны 265 определений, в том числе: сосна (кедр) – 101, ель (пихта) – 50, лиственница – 18, береза- 31, осина и тополь – 23, ольха– 5, липа – 16, дуб – 15, ясень – 3 и клен - 3 определений годичной продукции, совмещенных с данными о фитомассе на тех же пробных площадях, т/га. По полученному массиву данных рассчитаны уравнения (1.2), характеристика которых приведена в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Характеристика уравнений (1.2) для лесообразующих древесных пород Пермского края (метод 1)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные		R^2	SE
	a_0	$a_1(1/A)$		
Лиственница				
Zst/M	0,0011	0,8127	0,786	0,008
Zbr/M	-0,0017	0,3655	0,718	0,004
Zf/M	0,0109	0,0992	0,035	0,009
Zr/M	0,0130	-0,3995	0,162	0,009
Zu/M	0,0177	0,0642	0,0003	0,038
Сосна и кедр				
Zst/M	-0,00002	0,6499	0,320	0,022
Zbr/M	-0,0045	0,3619	0,622	0,006
Zf/M	-0,0037	0,5412	0,604	0,010
Zr/M	-0,0449	5,4785	0,629	0,095
Zu/M	-0,0424	6,1645	0,303	0,131
Ель и пихта				
Zst/M	-0,0059	1,3787	0,879	0,011
Zbr/M	-0,0013	0,6886	0,718	0,009
Zf/M	-0,0091	2,3735	0,776	0,028
Zr/M	-0,002	0,884	0,721	0,012
Zu/M	0,0364	-2,7132	0,019	0,028
Береза				
Zst/M	0,008	0,6558	0,861	0,011
Zbr/M	0,0035	0,2889	0,440	0,011
Zf/M	0,0172	0,8188	0,602	0,027
Zr/M	0,1239	-1,4813	0,015	0,221
Zu/M	0,0566	-0,8762	0,160	0,035
Осина, тополь, ива, вяз				
Zst/M	0,0003	0,6355	0,810	0,007
Zbr/M	0,0044	0,1109	0,244	0,004
Zf/M	0,0065	0,2904	0,687	0,004

Zr/M	0,0036	-0,0363	0,221	0,001
Zu/M	0,0007	0,1788	0,287	0,006
Ольха				
Zst/M	0,0107	0,4582	0,845	0,002
Zbr/M	-0,0532	2,496	0,902	0,007
Zf/M	-0,1206	5,5784	0,939	0,012
Zr/M	-0,0231	1,1987	0,844	0,004
Zu/M	-0,1184	5,2774	0,900	0,014
Липа				
Zst/M	0,0107	0,275	0,337	0,008
Zbr/M	-0,0027	0,4501	0,680	0,006
Zf/M	0,0074	0,3173	0,161	0,014
Zr/M	-0,0231	1,1987	0,844	0,004
Zu/M	0,002	0,2133	0,079	0,015
Дуб				
Zst/M	0,0043	0,8354	0,669	0,009
Zbr/M	0,0105	-0,2809	0,233	0,003
Zf/M	0,0106	0,4877	0,378	0,009
Zr/M	-0,0001	0,5301	0,273	0,005
Zu/M	0,0130	-0,1471	0,0044	0,010
Клен				
Zst/M	0,0027	0,5832	0,499	0,005
Zbr/M	0,0105	-0,2809	0,233	0,003
Zf/M	0,0130	0,2940	0,089	0,009
Zr/M	-0,0001	0,5304	0,273	0,005
Zu/M	0,0130	-0,1471	0,0044	0,010

Однако, начиная с XIX века, была известна взаимосвязь величины депонируемого в фитомассе прироста с массой ассимиляционного аппарата, (Hartig, 1896; Busse, 1930; Яблоков, 1934; Burger, 1929-1953; Kittredge, 1944; Георгиевский, 1948; Полякова, 1954; Ovington, 1957) которую можно выразить зависимостью (Усольцев, 1997):

$$\ln Z_i = f(\ln Pf), \qquad (1.3)$$

где Pf - наличная масса хвои, т/га.

Было установлено, что названная взаимосвязь не является однозначной. Н.Ф. Поляковой-Минченко (1961) показано, что характер связи массы листвы дерева с текущим объемным приростом ствола (угол наклона линии регрессии) существенно варьирует от года к году даже в одном и том же насаждении как в силу индивидуальной изменчивости реакции деревьев на внешние условия, так и изменчивости самих условий по годам. Тем более вероятна неустойчивость зависимости (1.2) для совокупности насаждений разного возраста в разных условиях произрастания. Поэтому К.-М. Меллер

(Möller, 1947) пишет: “Очевидно, что простое соотношение между листвой и приростом, предполагаемое некоторыми исследователями и лесными практиками, нельзя считать постоянным даже в случае отдельного одновидового древостоя” (с. 394).

Зависимость (1.3) положена в основу нашего методического подхода при определении годичного прироста (первичной продукции) фитомассы и углерода насаждений территориального комплекса. Однако она нами корректируется путем включения дополнительных переменных - возраста насаждения и некоторых показателей фракционной структуры фитомассы, рассчитывается по тем же 265 фактическим определениям в виде системы рекурсивных уравнений (Усольцев, 1998а) и имеет биологическое обоснование. Ее общий вид:

$$\ln Z_i = f\,(\ln A,\ \ln M,\ \ln Pf,\ \ln Pr,\ \ln Pu). \qquad (1.4)$$

Характеристика (1.4) по древесным породам приведена в табл. 1.7. Уравнения (1.2) и (1.4) вполне адекватны эмпирическим данным и их константы статистически значимы на уровне t_{05} . Коэффициенты R^2, средние по 10 породам для фракций фитомассы в их перечисленной выше последовательности, составили по уравнениям (1.2) соответственно 0,69; 0,62; 0,54; 0,49; 0,25 и по уравнениям (1.4) соответственно 0,77; 0,78; 0,75; 0,76; 0,70.

Судя по коэффициентам R^2, зависимости (1.2) менее (соответственно по фракциям на 12, 26, 39, 55, 180%, в среднем - на 62%) детерминированы по сравнению с (1.4).

Таблица 1.7

Характеристика уравнений (1.4) для лесообразующих древесных пород Пермского края (метод 2)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные						R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln M)$	$a_3(\ln Pf)$	$a_4(\ln Pr)$	$a_a(\ln Pu)$		
Лиственница								
ln(*Zst*)	0,5296	-0,6384	0,5172	0,4014	-	-	0,878	0,475
ln(*Zbr*)	-0,2296	-0,4553	-	1,7087	-	-	0,948	0,436
ln(*Zf*)	-0,0252	-0,6206	0,6229	-	-	-	0,647	0,508
ln(*Zr*)	-8,0556	0,8931	0,7663	-	-	-	0,769	0,786
ln(*Zu*)	-5,0276	-	-	-	-	1,7243	0,939	0,376
Сосна и кедр								
ln(*Zst*)	-1,3386	-0,6832	0,9233	-	-	-	0,498	0,717
ln(*Zbr*)	-1,3031	-0,7018	0,4172	0,8101	-	-	0,716	0,473
ln(*Zf*)	-0,4108	-0,4242	0,2201	0,6936	-	-	0,756	0,303
ln(*Zr*)	-2,3369	-	-1,2147	-	3,0857	-	0,798	0,844
ln(*Zu*)	0,7702	-0,4171	-	-	-	0,8909	0,963	0,359
Ель и пихта								
ln(*Zst*)	0,7571	-1,056	-0,6477	0,3361	-	-	0,824	0,406
ln(*Zbr*)	-2,2684	-	-	0,908	-	-	0,833	0,332
ln(*Zf*)	-0,2467	-0,4345	0,2309	0,8057	-	-	0,862	0,346
ln(*Zr*)	-0,8403	-0,5943	0,3022	0,7810	-	-	0,833	0,412
ln(*Zu*)	-17,9726	3,3340	-	-	-	0,7476	0,629	0,651
Береза								
ln(*Zst*)	0,1859	-1,0005	0,8971	-	-	-	0,938	0,399
ln(*Zbr*)	-0,4285	-0,2023	-	0,8003	-	-	0,797	0,563
ln(*Zf*)	-0,355	-0,5078	0,7003	-	-	-	0,867	0,44
ln(*Zr*)	0,0954	-0,3177	-0,4191	-	0,9879	-	0,768	0,435
ln(*Zu*)	1,2652	-0,46	-	-	-	0,4269	0,630	0,382

Окончание таблицы 1.7

Осина, тополь, ива, вяз								
ln(*Zst*)	0,3858	-1,3983	1,0479	0,5213	-	-	0,779	0,299
ln(*Zbr*)	-3,9275	-2,0074	2,0914	0,527	-	-	0,856	0,393
ln(*Zf*)	-1,6959	-0,1799	0,6461	-	-	-	0,759	0,194
ln(*Zr*)	-6,1004	-	-	-	1,853	-	0,186	0,415
ln(*Zu*)	1,4016	1,8999	-1,7136	-	-	0,4294	0,907	0,308
Ольха								
ln(*Zst*)	-1,1480	-	-	1,9345	-	-	0,684	0,995
ln(*Zbr*)	-0,8091	-	0,2209	-	-	-	0,672	0,299
ln(*Zf*)	0,0454	-	0,1949	-	-	-	0,999	0,009
ln(*Zr*)	-2,7974	-	-	-	0,9250	-	0,985	0,111
ln(*Zu*)	-0,5127	-	-	-	-	0,5308	0,372	0,691
Липа								
ln(*Zst*)	-1,6226	-0,5418	0,8865	0,1865	-	-	0,804	0,289
ln(*Zbr*)	1,7170	-0,8566	0,2942	0,3127	-	-	0,61	0,312
ln(*Zf*)	-0,8529	0,1047	0,2624	-	-	-	0,387	0,339
ln(*Zr*)	-2,7974	-	-	-	0,9250	-	0,985	0,111
ln(*Zu*)	-0,0338	0,4685	-0,4585	-	-	0,2594	0,463	0,373
Дуб								
ln(*Zst*)	-1,0369	-0,5995	0,76	0,5467	-	-	0,689	0,417
ln(*Zbr*)	-6,0181	0,5334	0,8901	-0,7099	-	-	0,632	0,502
ln(*Zf*)	1,1891	-0,2769	0,2335	-	-	-	0,435	0,212
ln(*Zr*)	-4,1174	-	-1,4545	5,7245	1,3960	-	0,613	0,554
ln(*Zu*)	1,3101	-	-0,4873	-	-	0,8299	0,816	0,367
Клен								
ln(*Zst*)	-0,9554	-	-	1,6258	-	-	0,995	0,061
ln(*Zbr*)	0,0375	-	-	0,0922	-	-	0,0067	0,608
ln(*Zf*)	-1,8226	-	0,5470	-	-	-	0,989	0,555
ln(*Zr*)	=0,1×*Pr*	-	-	-	-	-	-	-
ln(*Zu*)	=0,524×*Pu*		-	-	-	-	-	-

1.2.2. Исследование смещений величины годичного депонирования углерода на лесопокрытой площади, рассчитанного по двум методам (на примере Пермского края)

Рассмотрим далее, как соотносятся между собой результаты совмещения уравнений (1.2) и (1.4) с данными ГУЛФ по лесхозам Пермского края. Если расчеты по методу 1 выполнены путем прямого табулирования уравнений (1.2) по данным структурированных матриц (рис. 1.4 А), то расчеты по методу 2 выполнены в два этапа (см. рис. 1.4 Б).

Первый этап – это расчет уравнений наличного запаса фитомассы на пробных площадях в количестве 1400 определений. Уравнения запаса фитомассы (1.1) протабулированы по данным структурированных матриц и получены таблицы распределения фитомассы по группам возраста и породам, которые используются далее при табулировании уравнений (1.4) по рекурсивному принципу, т.е. не только по данным *A* и *M*, но и по данным фитомассы листвы, корней и нижних ярусов, полученным на первом этапе расчетов.

Таким образом, принятый нами метод расчета первичной продукции и годичного депонирования углерода на лесопокрытых площадях отличается от обычно применяемого метода конверсионных коэффициентов (Замолодчиков, Уткин, 2000) тем, что фактические показатели годичного прироста фитомассы (ЧПП), полученные на пробных площадях, стыкуются посредством их регрессионных моделей с данными не только ГУЛФ, но и результатов расчета количества фитомассы на тех же лесопокрытых площадях по рекурсивному принципу (Усольцев и др., 2004; Усольцев и др., 2008).

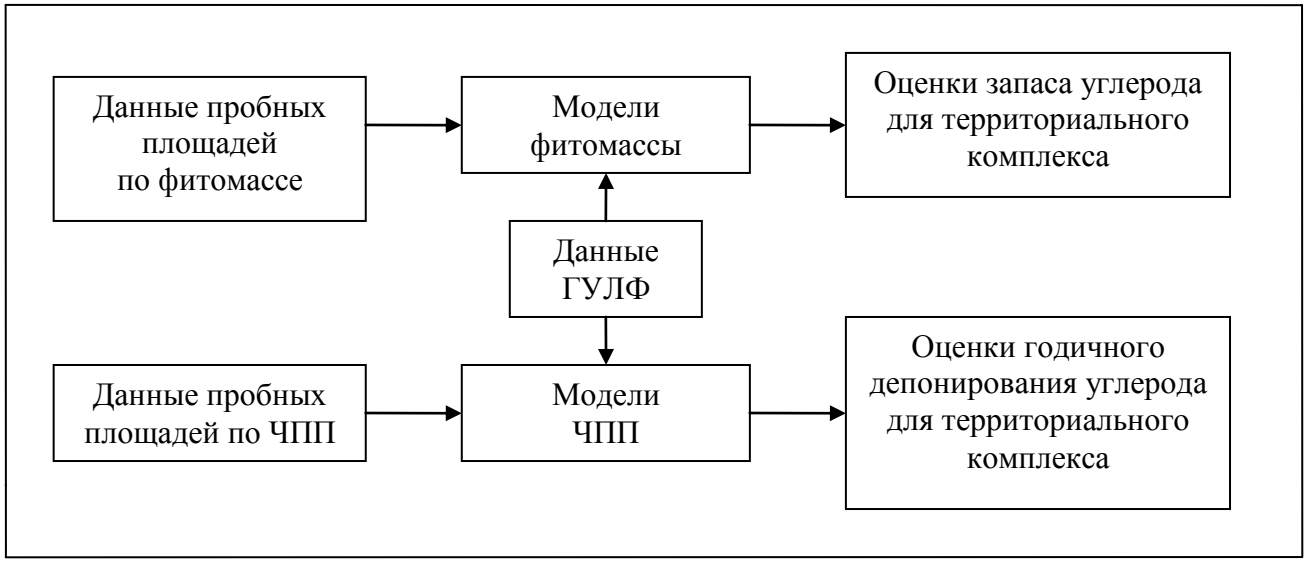
Путем деления полученных годичных приростов фитомассы на лесопокрытую и общую площади каждого лесхоза получены распределения годичного прироста фитомассы, отнесенного к 1 га соответственно лесопокрытой и общей площадей. Результат расчета годичного прироста (первичной продукции) фитомассы по методу 2 на примере Веслянского лесхоза дан в табл. 1.8.

Сводные показатели годичного прироста фитомассы, отнесенного на 1 га лесопокрытой и общей площади лесхозов, рассчитанные по двум методам по состоянию на 1988 и 2007 гг., даны в табл. 1.9 и 1.10. Итоговые по Пермскому краю результаты расчетов, а также соотношение полученных по двум методам результатов, сведены в табл. 1.11.

В табл. 1.11 обращает на себя внимание то, что оценки прироста фитомассы, выполненные по методу 1, завышают результаты оценок, выполненных по методу 2, в среднем в 3,5 раза. Наибольшее завышение (в 8 раз) – для нижних ярусов и наименьшее (в 2 раза) для листвы. Основанием для утверждения, что имеет место завышение результата по методу 1, а не занижение его по методу 2, служит, во-первых, более высокая (на 62%) детерминация уравнений (1.4) по сравнению с (1.2) и, во-вторых, тот факт,

что для расчетов по методу 2 привлечены не только данные А и М, но и результаты оценки фитомассы, исходные данные которой впятеро превышают данные годичного прироста. Детализация таблицы 1.11 по лесхозам Пермского края представлена в табл. 1.12.

А



Б

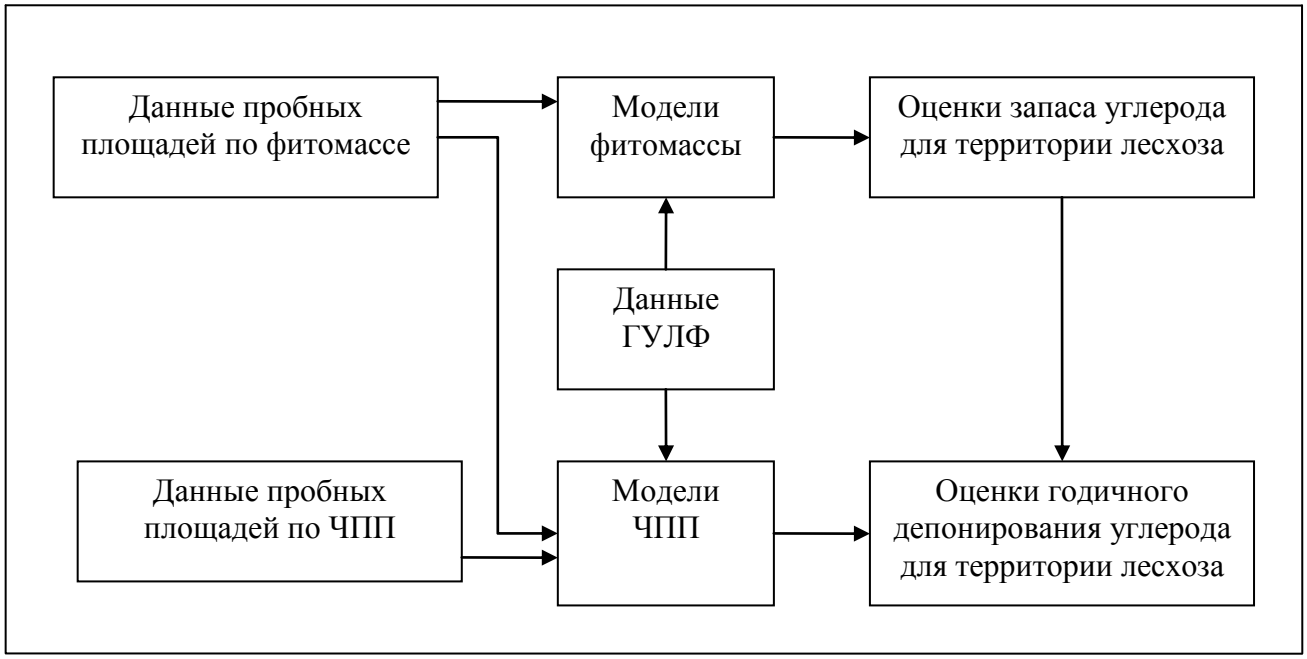


Рис. 1.4. Блок-схемы алгоритмов расчета фитомассы и ЧПП (углерода и его годичного депонирования) насаждений территориальных комплексов согласно предложениям Д.Г. Замолодчикова и А.И. Уткина (2000) (А) и нашего (Б)

Таблица 1.8

Фрагмент расчета годичной ЧПП фитомассы (тыс. т) лесообразующих пород на лесопокрытой площади Веслянского лесхоза по известным запасам стволовой древесины и возрастным группам, по состоянию на 2007 г. (метод 2)

Порода*	Прирост фитомассы в абсолютно сухом состоянии											
	Стволы						Хвоя					
	1**	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего
С	48,62	205,4	142,4	13,82	33,54	443,8	112,9	145,8	75,17	7,24	20,71	361,8
Е	34,74	27,45	15,17	4,04	58,29	139,7	46,44	34,94	23,30	7,30	138,8	250,7
Л	-	0,12	-	-	0,27	0,39	-	0,08	-	-	0,23	0,31
Б	31,43	21,58	113,6	46,74	16,74	230,1	24,98	23,31	138,2	62,53	29,32	278,3
Ос	6,44	1,36	0,20	0,47	4,39	12,85	0,88	0,60	0,20	0,65	7,89	10,21
Итого	**121,2**	**255,9**	**271,4**	**65,06**	**113,2**	**826,8**	**185,2**	**204,7**	**236,8**	**77,72**	**196,9**	**901,4**

Порода*	Прирост фитомассы в абсолютно сухом состоянии											
	Ветви						Корни					
	1**	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего
С	56,13	58,78	30,10	2,70	6,37	154,1	10,28	124,0	174,1	23,49	76,94	408,8
Е	11,21	9,75	7,25	2,59	60,36	91,16	20,37	14,21	9,02	2,68	47,31	93,59
Л	-	0,04	-	-	0,05	0,09	-	0,01	-	-	0,30	0,31
Б	13,73	6,57	32,85	14,34	6,46	73,94	15,40	10,06	39,81	15,13	8,16	88,55
Ос	0,74	0,25	0,04	0,10	1,31	2,45	0,03	0,07	0,04	0,20	4,84	5,18
Итого	**81,82**	**75,38**	**70,23**	**19,74**	**74,55**	**321,7**	**46,07**	**148,4**	**223,0**	**41,51**	**137,5**	**596,5**

Порода*	Прирост фитомассы в абсолютно сухом состоянии								Z_{abo}, т/га	Z_{tot}, т/га
	Нижние ярусы						Z_{abo}***	Z_{tot}***		
	1**	2	3	4	5	Всего				
С	29,12	109,0	56,92	6,94	38,86	240,8	1200,5	1609,3	3,13	4,20
Е	-	0,04	0,22	0,40	81,73	82,39	564,0	657,6	3,54	4,12
Л	-	-	-	-	0,01	0,01	0,80	1,11	2,84	3,95
Б	35,63	14,67	37,62	11,65	6,45	106,0	688,4	776,9	7,75	8,75
Ос	0,52	0,21	0,06	0,16	1,49	2,44	27,95	33,13	6,37	7,55
Итого	**65,27**	**123,9**	**94,82**	**19,16**	**128,5**	**431,7**	**2481,6**	**3078,1**	**3,90**	**4,84**

Таблица 1.9

Распределение общей и в расчете на 1 га годичной ЧПП фитомассы по лесхозам Пермского края, 1988 и 2007 гг. (1 метод).

№	Название лесхоза	Общая первичная продукция фитомассы по лесхозам края, тыс. т						В расчете			
								на лесопокрытую площадь, т/га		на общую площадь, т/га	
		Zst	*Zf*	*Zbr*	*Zu*	*Zr*	Итого	Z_{abo}	Z_{tot}	Z_{abo}	Z_{tot}
1988 г.											
1	Веслянский	2496	2498	2484	2594	2608	12680	16,0	20,2	14,4	18,1
2	Гайнский	3130	3138	3118	3141	3164	15692	17,9	22,5	16,0	20,0
3	Чердынский	2638	2648	2627	2623	2629	13165	18,0	22,5	14,6	18,2
4	Колвинский	4511	4535	4481	4446	4257	22229	17,8	22,0	16,5	20,4
5	Вайский	3262	3269	3258	3255	3154	16198	19,8	24,6	16,9	21,0
6	Красновишерский	2746	2757	2735	2723	2679	13641	18,3	22,8	15,3	19,1
7	Соликамский	1400	1408	1392	1378	1393	6970	17,7	22,1	15,9	19,9
8	Косинский	1220	1224	1215	1213	1219	6091	18,6	23,3	15,9	19,9
9	Кочевский	634	637	630	634	645	3181	17,0	21,3	15,7	19,7
10	Юрлинский	1093	1097	1087	1084	1102	5463	17,8	22,2	16,4	20,5
11	Кудымкарский	1111	1113	1109	1109	1161	5603	20,9	26,4	18,4	23,2
12	Юсьвенский	916	920	911	902	928	4579	18,2	22,8	15,8	19,8
13	Березниковский	1056	1060	1052	1048	1024	5240	19,1	23,8	17,0	21,2
14	Яйвинский	1650	1657	1643	1628	1586	8164	17,9	22,2	15,7	19,5
15	Кизеловский	1022	1032	1014	990	1009	5066	15,6	19,5	14,0	17,4
16	Таборский	725	731	719	701	748	3624	15,0	18,9	13,4	16,9
17	Ильинский	553	557	550	544	559	2762	17,9	22,4	16,3	20,5
18	Сивинский	547	549	544	542	564	2746	18,8	23,7	16,9	21,2
19	Закамский	316	317	316	317	319	1585	21,1	26,4	19,4	24,3

Продолжение таблицы 1.9

20	Добрянский	605	609	601	592	631	3037	16,9	21,3	14,9	18,8
21	Чусовской	948	953	944	933	978	4756	17,9	22,5	15,5	19,5
22	Горнозаводской	2765	2777	2755	2734	2662	13694	18,7	23,2	16,3	20,2
23	Лысьвенский	1227	1238	1219	1191	1255	6130	16,7	21,0	14,7	18,5
24	Комарихинский	617	621	614	606	640	3098	16,6	21,0	14,8	18,6
25	Пермский	267	267	266	266	268	1334	20,5	25,7	18,6	23,2
26	Оханский	634	637	632	629	664	3196	19,5	24,6	17,4	22,0
27	Чайковский	407	408	405	409	422	2051	19,3	24,3	17,0	21,3
28	Осинский	348	350	347	345	360	1750	18,3	23,0	16,2	20,3
29	Кунгурский	743	747	737	728	756	3711	16,7	20,9	13,8	17,4
30	Кишертский	301	302	299	297	303	1501	19,6	24,5	16,4	20,6
31	Октябрьский	684	685	682	681	690	3422	19,2	24,1	17,2	21,5
32	Куединский	454	455	452	453	453	2268	18,2	22,8	16,4	20,5
Итого по краю		**41027**	**41197**	**40835**	**40735**	**40830**	**204624**	**18,0**	**22,5**	**15,8**	**19,7**
2007 г.											
1	Веслянский	2806	2808	2796	2854	2846	14111	17,7	22,2	16,1	20,1
2	Гайнский	3220	3230	3206	3207	3215	16078	18,1	22,6	16,5	20,6
3	Чердынский	2722	2732	2712	2703	2711	13580	18,2	22,7	15,0	18,8
4	Колвинский	4670	4692	4651	4610	4679	23302	17,7	22,2	17,0	21,2
5	Вайский	2580	2586	2574	2568	2573	12881	19,4	24,3	17,9	22,3
6	Красновишерский	2867	2874	2860	2857	2860	14318	19,1	23,9	17,0	21,2
7	Соликамский	1712	1719	1704	1695	1706	8536	18,4	23,0	16,5	20,6
8	Косинский	1220	1224	1216	1213	1211	6084	19,7	24,6	17,4	21,8
9	Кочевский	787	789	784	783	795	3937	19,0	23,8	18,2	22,8
10	Юрлинский	1335	1338	1331	1330	1321	6656	19,4	24,2	18,5	23,1
11	Кудымкарский	1105	1109	1100	1093	1120	5526	19,4	24,3	18,2	22,9
12	Юсьвенский	790	793	786	780	803	3952	18,9	23,8	17,9	22,5
13	Березниковский	1229	1235	1224	1215	1207	6109	19,9	24,8	18,2	22,7

Окончание таблицы 1.9

14	Яйвинский	1855	1862	1849	1840	1828	9234	18,6	23,2	17,7	22,0
15	Кизеловский	1274	1279	1269	1261	1274	6357	18,3	22,9	17,4	21,7
16	Таборский	1038	1041	1034	1033	1031	5177	19,7	24,6	19,2	24,0
17	Ильинский	699	702	695	688	723	3507	18,9	23,9	17,8	22,4
18	Сивинский	617	619	614	611	626	3087	20,2	25,3	19,1	23,9
19	Закамский	244	245	244	243	242	1218	20,7	25,8	18,7	23,3
20	Добрянский	774	777	772	768	788	3880	20,0	25,1	19,3	24,2
21	Чусовской	1319	1325	1314	1306	1322	6586	18,7	23,4	17,8	22,3
22	Горнозаводской	2673	2685	2663	2641	2774	13436	18,7	23,5	17,5	22,0
23	Лысьвенский	1440	1447	1433	1418	1471	7208	18,4	23,2	17,2	21,6
24	Комарихинский	782	785	780	777	787	3912	20,4	25,5	19,4	24,3
25	Пермский	187	187	186	185	183	929	20,6	25,6	19,5	24,3
26	Очерский	124	125	124	122	136	632	15,7	20,0	14,2	18,2
27	Оханский	525	527	523	520	535	2630	20,2	25,4	19,0	23,9
28	Частинский	110	110	110	109	110	549	20,7	25,9	19,5	24,4
29	Чайковский	363	364	361	360	372	1819	19,7	24,8	18,2	22,8
30	Осинский	389	390	388	386	393	1946	20,4	25,6	19,4	24,3
31	Кунгурский	678	681	675	670	696	3400	19,1	24,1	18,2	22,9
32	Кишертский	312	314	310	306	338	1579	18,6	23,6	17,3	21,9
33	Октябрьский	750	752	748	745	758	3753	20,0	25,1	18,9	23,7
34	Уинский	297	298	296	295	302	1487	20,1	25,2	19,2	24,1
35	Куединский	525	526	523	521	532	2628	20,1	25,2	19,0	23,8
Итого по краю		**44017**	**44169**	**43855**	**43715**	**44267**	**220022**	**18,8**	**23,5**	**17,3**	**21,7**

Таблица 1.10

Распределение общей и в расчете на 1 га годичной ЧПП фитомассы по лесхозам Пермского края, 1988 и 2007 гг. (2 метод)

№	Название лесхоза	Общая первичная продукция фитомассы по лесхозам края, тыс. т						В расчете			
								на лесопокрытую площадь, т/га		на общую площадь, т/га	
		Zst	*Zf*	*Zbr*	*Zu*	*Zr*	Итого	Z_{abo}	Z_{tot}	Z_{abo}	Z_{tot}
1988 г.											
1	Веслянский	577	891	344	400	434	2646	3,5	4,2	3,2	3,8
2	Гайнский	933	1260	420	416	652	3681	4,3	5,3	3,9	4,7
3	Чердынский	841	1135	362	332	552	3222	4,6	5,5	3,7	4,5
4	Колвинский	1396	2107	653	583	824	5563	4,7	5,5	4,3	5,1
5	Вайский	618	1171	413	421	422	3045	4,0	4,6	3,4	3,9
6	Красновишерский	901	1260	422	321	549	3451	4,9	5,8	4,1	4,8
7	Соликамский	667	839	246	176	364	2292	6,1	7,3	5,5	6,5
8	Косинский	517	613	195	147	286	1758	5,6	6,7	4,8	5,7
9	Кочевский	253	323	113	77	142	908	5,1	6,1	4,7	5,6
10	Юрлинский	455	553	177	120	256	1561	5,3	6,4	4,9	5,9
11	Кудымкарский	441	595	201	84	336	1657	6,2	7,8	5,5	6,9
12	Юсьвенский	533	595	184	111	230	1653	7,1	8,2	6,1	7,1
13	Березниковский	480	600	179	132	277	1667	6,3	7,6	5,6	6,7
14	Яйвинский	515	771	258	219	302	2065	4,8	5,6	4,2	4,9
15	Кизеловский	426	561	181	135	230	1533	5,0	5,9	4,5	5,3
16	Таборский	401	438	201	106	176	1322	6,0	6,9	5,4	6,2
17	Ильинский	381	405	143	55	157	1140	8,0	9,2	7,3	8,4
18	Сивинский	292	371	116	53	141	974	7,2	8,4	6,4	7,5
19	Закамский	113	157	55	31	82	438	5,9	7,3	5,5	6,7

Продолжение таблицы 1.10

20	Добрянский	360	393	158	73	152	1136	6,9	8,0	6,1	7,0
21	Чусовской	370	535	175	112	205	1397	5,6	6,6	4,9	5,7
22	Горнозаводской	923	1441	453	323	543	3682	5,3	6,2	4,6	5,4
23	Лысьвенский	613	841	263	104	334	2154	6,2	7,4	5,5	6,5
24	Комарихинский	342	391	184	82	147	1145	6,8	7,8	6,0	6,9
25	Пермский	135	177	63	23	70	468	7,7	9,0	6,9	8,2
26	Оханский	298	370	137	50	210	1065	6,6	8,2	5,9	7,3
27	Чайковский	282	235	123	43	128	810	8,1	9,6	7,1	8,4
28	Осинский	179	193	97	35	92	596	6,6	7,8	5,9	6,9
29	Кунгурский	439	491	213	79	200	1421	6,9	8,0	5,7	6,7
30	Кишертский	175	234	69	29	114	621	8,3	10,1	6,9	8,5
31	Октябрьский	413	393	165	89	143	1203	7,5	8,5	6,7	7,6
32	Куединский	248	252	132	45	97	774	6,8	7,8	6,1	7,0
Итого по краю		**15515**	**20591**	**7095**	**5002**	**8844**	**57048**	**5,3**	**6,3**	**4,6**	**5,5**
2007 г.											
1	Веслянский	827	901	322	432	596	3078	3,9	4,8	3,5	4,4
2	Гайнский	1166	1358	428	449	744	4144	4,8	5,8	4,4	5,3
3	Чердынский	974	1202	218	388	590	3372	4,6	5,6	3,8	4,7
4	Колвинский	1557	2164	638	642	807	5806	4,8	5,5	4,6	5,3
5	Вайский	582	1001	332	347	369	2632	4,3	5,0	3,9	4,6
6	Красновишерский	932	1268	377	414	570	3561	5,0	5,9	4,4	5,3
7	Соликамский	854	983	295	268	428	2828	6,5	7,6	5,8	6,8
8	Косинский	517	634	187	151	350	1839	6,0	7,4	5,3	6,6
9	Кочевский	331	372	115	98	218	1134	5,5	6,9	5,3	6,6
10	Юрлинский	548	699	199	180	306	1933	5,9	7,0	5,6	6,7
11	Кудымкарский	607	768	210	136	275	1995	7,6	8,8	7,1	8,3
12	Юсьвенский	460	532	149	92	193	1425	7,4	8,6	7,0	8,1
13	Березниковский	883	1098	293	144	427	2844	9,8	11,5	9,0	10,5

Окончание таблицы 1.10

14	Яйвинский	744	997	288	306	367	2702	5,9	6,8	5,6	6,4
15	Кизеловский	519	705	198	171	266	1858	5,7	6,7	5,4	6,3
16	Таборский	647	761	212	156	252	2030	8,4	9,6	8,2	9,4
17	Ильинский	425	487	146	73	193	1323	7,7	9,0	7,2	8,5
18	Сивинский	338	430	118	53	194	1133	7,7	9,3	7,3	8,8
19	Закамский	102	97	42	26	72	338	5,6	7,2	5,1	6,5
20	Добрянский	484	577	162	90	222	1536	8,5	9,9	8,2	9,6
21	Чусовской	558	776	230	195	288	2048	6,3	7,3	5,9	6,9
22	Горнозаводской	1052	1523	429	332	574	3910	5,8	6,8	5,5	6,4
23	Лысьвенский	744	946	274	173	364	2501	6,9	8,0	6,4	7,5
24	Комарихинский	512	598	179	83	220	1591	9,0	10,4	8,5	9,9
25	Пермский	102	123	39	19	52	334	7,8	9,2	7,4	8,8
26	Очерский	36	43	13	17	36	145	3,5	4,6	3,1	4,2
27	Оханский	254	314	101	47	183	899	6,9	8,7	6,5	8,2
28	Частинский	61	60	24	11	37	192	7,3	9,0	6,9	8,5
29	Чайковский	241	253	88	39	141	763	8,5	10,4	7,8	9,6
30	Осинский	240	256	93	39	137	765	8,3	10,1	7,8	9,5
31	Кунгурский	379	453	142	75	186	1235	7,4	8,7	7,1	8,3
32	Кишертский	172	208	64	29	103	576	7,1	8,6	6,6	8,0
33	Октябрьский	525	541	184	86	214	1551	8,9	10,4	8,5	9,8
34	Уинский	200	204	77	33	82	595	8,7	10,1	8,3	9,7
35	Куединский	308	331	125	54	160	978	7,9	9,4	7,4	8,8
Итого по краю		**18878**	**23664**	**6990**	**5846**	**10213**	**65592**	**5,9**	**7,0**	**5,5**	**6,5**

Таблица 1.11

Сравнение сводных оценок ЧПП насаждений на лесопокрытых площадях Пермского края, выполненных по двум методам по материалам лесоинвентаризации по состоянию на 1988 и 2007 гг.

Сравниваемые методы	Общая годичная ЧПП фитомассы на лесопокрытых площадях Пермского края, тыс. т					
	Стволы	Ветви	Листва	Корни	Нижние ярусы	Итого
1988 г.						
Метод 1 (уравнение 1.1)	41027	40835	41197	40830	40735	204624
Метод 2 (уравнение 1.3)	15515	7095	20591	8844	5002	57048
Отношение результатов, полученных по двум методам (1:2)	2,6	5,8	2,0	4,6	8,1	3,6
2007 г.						
Метод 1 (уравнение 1.1)	44017	43855	44169	44267	43715	220022
Метод 2 (уравнение 1.3)	18878	6990	23664	10213	5846	65592
Отношение результатов, полученных по двум методам (1:2)	2,3	6,3	1,9	4,3	7,5	3,3

Таблица 1.12

Соотношение средних оценок ЧПП фитомассы на территории Пермского края по лесхозам по состоянию на 1988 и 2007 гг., полученных по двум методам

№	Название лесхоза	Годичная ЧПП фитомассы, т/га		
		Метод 1	Метод 2	Отношение 1-го ко 2-му
1988 г.				
1	Веслянский	18,1	3,8	4,8
2	Гайнский	20,0	4,7	4,3
3	Чердынский	18,2	4,5	4,0
4	Колвинский	20,4	5,1	4,0
5	Вайский	21,0	3,9	5,4
6	Красновишерский	19,1	4,8	4,0
7	Соликамский	19,9	6,5	3,1
8	Косинский	19,9	5,7	3,5
9	Кочевский	19,7	5,6	3,5
10	Юрлинский	20,5	5,9	3,5
11	Кудымкарский	23,2	6,9	3,4
12	Юсьвенский	19,8	7,1	2,8
13	Березниковский	21,2	6,7	3,2
14	Яйвинский	19,5	4,9	4,0

				Продолжение таблицы 1.12
15	Кизеловский	17,4	5,3	3,3
16	Таборский	16,9	6,2	2,7
17	Ильинский	20,5	8,4	2,4
18	Сивинский	21,2	7,5	2,8
19	Закамский	24,3	6,7	3,6
20	Добрянский	18,8	7,0	2,7
21	Чусовской	19,5	5,7	3,4
22	Горнозаводской	20,2	5,4	3,7
23	Лысьвенский	18,5	6,5	2,8
24	Комарихинский	18,6	6,9	2,7
25	Пермский	23,2	8,2	2,8
26	Оханский	22,0	7,3	3,0
27	Чайковский	21,3	8,4	2,5
28	Осинский	20,3	6,9	2,9
29	Кунгурский	17,4	6,7	2,6
30	Кишертский	20,6	8,5	2,4
31	Октябрьский	21,5	7,6	2,8
32	Куединский	20,5	7,0	2,9
Итого по краю		**19,7**	**5,5**	**3,6**
2007 г.				
1	Веслянский	20,1	4,4	4,6
2	Гайнский	20,6	5,3	3,9
3	Чердынский	18,8	4,7	4,0
4	Колвинский	21,2	5,3	4,0
5	Вайский	22,3	4,6	4,8
6	Красновишерский	21,2	5,3	4,0
7	Соликамский	20,6	6,8	3,0
8	Косинский	21,8	6,6	3,3
9	Кочевский	22,8	6,6	3,5
10	Юрлинский	23,1	6,7	3,4
11	Кудымкарский	22,9	8,3	2,8
12	Юсьвенский	22,5	8,1	2,8
13	Березниковский	22,7	10,5	2,2
14	Яйвинский	22,0	6,4	3,4
15	Кизеловский	21,7	6,3	3,4
16	Таборский	24,0	9,4	2,6
17	Ильинский	22,4	8,5	2,6
18	Сивинский	23,9	8,8	2,7
19	Закамский	23,3	6,5	3,6
20	Добрянский	24,2	9,6	2,5
21	Чусовской	22,3	6,9	3,2

Окончание таблицы 1.12

22	Горнозаводской	22,0	6,4	3,4
23	Лысьвенский	21,6	7,5	2,9
24	Комарихинский	24,3	9,9	2,5
25	Пермский	24,3	8,8	2,8
26	Очерский	18,2	4,2	4,3
27	Оханский	23,9	8,2	2,9
28	Частинский	24,4	8,5	2,9
29	Чайковский	22,8	9,6	2,4
30	Осинский	24,3	9,5	2,6
31	Кунгурский	22,9	8,3	2,8
32	Кишертский	21,9	8,0	2,7
33	Октябрьский	23,7	9,8	2,4
34	Уинский	24,1	9,7	2,5
35	Куединский	23,8	8,8	2,7
Итого по краю		**21,7**	**6,5**	**3,3**

Руководствуясь аналогичными исходными уравнениями (1.2) и (1.4), нами были сопоставлены оценки годичного прироста фитомассы, выполненные двумя рассмотренными методами, для территории УрФО (табл. 1.13). Оказалось, что на территории четырех областей УрФО также имело место завышение результатов метода 1 по отношению к нашему в 1,8 – 2,9 раза. Для северных территориальных образований аналогичная закономерность не подтвердилась, и причины этого заслуживают специального рассмотрения.

Возникает вопрос, с чем мы сталкиваемся при сопоставлении двух методов: с завышением истинного результата, полученного по методу 1 или же с занижением результата, полученного по методу 2? Ответ на этот вопрос помогают получить результаты А.З. Швиденко с соавторами (2007, 2008) по оценке ЧПП лесных экосистем России. Примечательно, что их оценки NPP базировались на фактических данных не первичной продукции, полученной на пробных площадях, а на данных фитомассы насаждений, количество определений которой в имеющихся сводках в несколько раз больше, чем ЧПП. Основой для расчета последней послужила разработанная названными авторами пространственно распределенная система моделей роста насаждений основных лесообразующих пород России. Упомянутые выше трехфакторные динамические модели фитомассы дали возможность авторам преобразовать модели роста в модели биологической продуктивности путем табулирования уравнений фитомассы по таксационным показателям моделей и таблиц хода роста насаждений.

Таблица 1.13

Соотношение средних оценок ЧПП фитомассы на территории административных образований УрФО, полученных по двум методам

Административное образование	Годичная продукция фитомассы, т/га		
	Метод 1	Метод 2	Отношение 1-го ко 2-му
Ямало-Ненецкий АО	1,05	0,94	1,1
Ханты-Мансийский АО	1,68	2,73	0,6
Тюменская область	10,9	4,21	2,6
Свердловская область	15,3	5,8	2,6
Курганская область	11,4	6,42	1,8
Челябинская область	23,1	7,89	2,9

Поскольку разность между двумя последовательными значениями полной продуктивности (включая отпад) экосистемы по фитомассе представляет собой первичную продукцию, динамика последней была получена на основе специального алгоритма, моделирующего процесс изменения полной продуктивности с возрастом насаждения. Оценка неопределенности результатов дала следующие значения: для общей первичной продукции ±7%, для ее надземной составляющей ±9%, для подземной ±13%, для листового аппарата ±10% и для нижних ярусов ±20% при доверительной вероятности 0,9. Оценка первичной продукции, полученная с использованием хлорофиллового индекса (Воронин и др., 2004), была всего на 5,5% ниже.

При сопоставлении результатов определения ЧПП на лесопокрытых площадях УрФО (150 лесхозов), полученных нами (Усольцев, 2007) и А.З. Швиденко с соавторами (2007, 2008), оказалось, что оба метода дают достаточно близкие результаты, хотя и наблюдается некоторое трендовое различие: общая первичная продукция, а также продукция надземной фитомассы, для территории УрФО по их оценкам оказалась всего на 8% выше нашей (рис. 1.5).

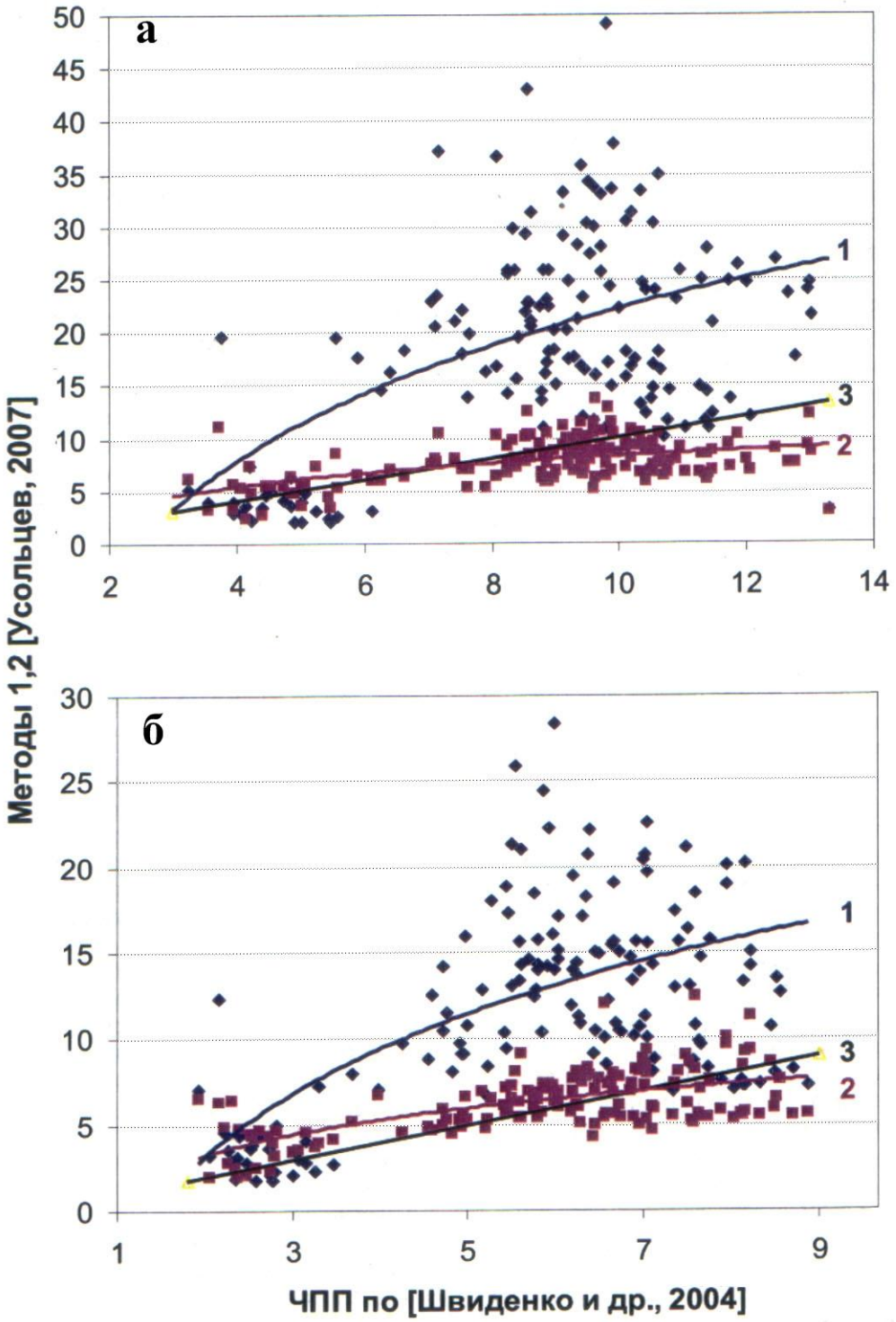


Рис. 1.5. Сравнение оценок общей (а) и надземной (б) годичной первичной продукции насаждений, полученной разными методами, т/га (Швиденко и др., 2007).

С другой стороны, общая продукция, полученная на основе уравнений (1.2) (метод 1), оказалась завышенной в 2,2 раза по отношению к результатам А.З. Швиденко с соавторами, а по отношению к нашим, как уже упоминалось, - в 1,8-3,6 раза. По-видимому, нужно согласиться с мнением о некорректности общей методической предпосылки, что распределение ЧПП по фракциям фитомассы, особенно в ассимиляционный аппарат, тонкие корни и нижние ярусы, коррелирует с запасом древостоев (Швиденко и др., 2007).

Для выяснения вопроса о том, в какой степени 2-3-кратные расхождения в оценке первичной продукции насаждений на лесопокрытых площадях обусловлены некорректной структурой уравнений (1.2), рассмотрим и проанализируем случайные ошибки, даваемые двумя разными уравнениями при сопоставлении расчетных (по уравнениям) и фактических (по исходной базе эмпирических данных ЧПП) значений.

1.2.3. Исследование случайных ошибок при оценке первичной продукции фитомассы, обусловленных разной структурой регрессионных зависимостей

В предыдущем разделе мы установили, что судя по коэффициентам R^2, зависимости (1.2) в среднем на 62% менее детерминированы по сравнению с (1.4). Однако сравнение двух методов оценки первичной продукции фитомассы лишь по коэффициентам детерминации уравнений, используемых для совмещения фактических данных ЧПП с данными ГУЛФ, недостаточно для объяснения 2-3 кратного расхождения в оценках, показанного выше. Для более корректного сравнения необходим анализ ошибок *расчетных* данных ЧПП, полученных по уравнениям (1.2) и (1.4), по отношению к *фактическим* исходным значениям ЧПП, т.е. к данным пробных площадей.

В качестве основы, по которой выполняется сравнение, взята база данных по первичной продукции фитомассы, более обширная, нежели при ее оценке на лесопокрытой площади Пермского края (265 пробных площадей по Уральскому региону). В данном случае база данных включает в себя пробные площади, заложенные в пределах Северной Евразии – от Великобритании до Японии (Усольцев, 2007) в количестве 1040 определений для основных 8 лесообразующих пород, в том числе: естественные сосняки – 370, культуры сосны – 210, ельники – 180, лиственничники – 60, березняки – 90, дубняки – 60, букняки – 50 и липняки – 20.

Расчетная процедура состояла из двух этапов. На первом из них рассчитаны уравнения (1.2) (метод 1) и уравнения (1.4) (метод 2) по фактическим данным фитомассы и первичной продукции (1040 пробных площадей, см. их фрагмент в табл. 1.14) по полному фракционному составу для каждой породы. Результаты расчета уравнений (1.2) и (1.4) приведены в табл. 1.15 и 1.16.

Таблица 1.14

Фрагмент базы данных о запасах фитомассы и ЧПП лесообразующих пород Северной Евразии (см.: Усольцев, 2010)

№	Условия произрастания	Породный состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								Стволы		Ветви	Хвоя	Корни	Нижние ярусы	Стволы		Ветви	Хвоя	Корни	Нижние ярусы
								всего	кора					всего	кора				
1. Лиственница (*Larix*)																			
Larix sukaczewii																			
(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																			
Средняя тайга																			
Говоренков, 1972		Ленинградская область, Карельский перешеек. 50 м н. у. м.											60˚30' с.ш., 30˚ в.д.						
1	Культ.	9Л1Е	230	0,275	51,6	40,0	965	427,6	52	37,9	6,52	98	6,17	3,11	0,49	1,72	1,61	-	1,38
Южная тайга																			
Уткин и др., 1996		Ярославская область: Рыбинск 105 м н.у.м.											58˚06' с.ш., 38˚42' в.д.						
2	Культ.	10Л	22	2,45	12,4	12,7	194	98,3	13	13,4	3,87	-	-	6,67	0,87	2,37	3,87	-	-
3	Культ.	10Л	29	1,99	14	15,3	258	129,3	17,1	12,6	3,31	-	-	5,15	0,74	2,2	3,31	-	-
(С) В О С Т О К Р У С С К О Й Р А В Н И Н Ы (включая Западно-Казахстанскую провинцию)																			
Лесостепь																			
Уткин и др., 1980		Самарская область: Красный Яр 53˚30' с.ш., 50˚20' в.д.																	
4	Культ.	10Л	21	3,466	8,8	9,3	141	70,6	9	15	6,1	-	-	7,76	0,98	3,4	6,1	-	-
Larix sibirica																			
(Е) З А П А Д Н О - С И Б И Р С К А Я П Р О В И Н Ц И Я																			
Усольцев и др., 2004		Ямало-Ненецкий автономный округ: низовья р. Пур 67˚ с.ш., 78˚ в.д.																	
Лесотундра, плакоры																			
5	Брс. V	10Л	45	1,740	6,6	7,6	24,2	9,57	1,93	2,56	0,74	-	-	0,68	0,15	0,19	0,74	-	-

Таблица 1.15

Характеристика уравнений (1.2), рассчитанных по базе данных о запасах фитомассы и ЧПП лесообразующих пород Северной Евразии (метод 1)

Зависимые переменные	Константы		R^2	SE
	a_0	$a_1(1/A)$		
Сосна (естественные насаждения)				
Zst/M, т/м^3	-0,0040	1,2240	0,630	0,015
Zbr/M, т/м^3	0,0006	0,5612	0,015	0,072
Zf/M, т/м^3	-0,0109	1,2044	0,050	0,019
Zr/M, т/м^3	-0,0099	1,5688	0,199	0,043
Zu/M, т/м^3	-0,0207	3,3503	0,171	0,103
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	-0,0158	3,0265	0,275	0,078
(Zst+ Zbr +Zf+Zr)/M, т/м^3	-0,0039	3,4188	0,162	0,109
(Zst+Zbr+Zf+Zr+Zu)/M, т/м^3	-0,0127	5,8274	0,175	0,164
Сосна (культуры)				
Zst/M, т/м^3	-0,0123	1,0079	0,730	0,018
Zbr /M, т/м^3	-0,0085	0,5399	0,643	0,011
Zf/M, т/м^3	-0,0102	0,8004	0,524	0,021
Zr/M, т/м^3	-0,0285	2,7922	0,207	0,131
Zu/M, т/м^3	-0,0057	0,2104	0,638	0,003
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	-0,0254	2,1688	0,670	0,042
(Zst+ Zbr+Zf+Zr)/M, т/м^3	-0,0713	5,3340	0,560	0,114
(Zst+Zbr+Zf+Zr+Zu)/M, т/м^3	-0,0482	3,0779	0,799	0,030
Ель				
Zst/M, т/м^3	-0,0024	1,1381	0,735	0,011
Zbr /M, т/м^3	-0,0023	0,5633	0,542	0,008
Zf/M, т/м^3	-0,0132	1,7554	0,534	0,026
Zr/M, т/м^3	-0,0038	0,8419	0,647	0,010
Zu/M, т/м^3	0,0161	-0,4510	0,047	0,017
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	-0,0188	3,5236	0,684	0,039
(Zst+ Zbr +Zf+Zr)/M, т/м^3	-0,0227	4,5092	0,713	0,050
(Zst+Zbr+Zf+Zr+Zu)/M, т/м^3	0,0187	2,0823	0,336	0,027
Лиственница				
Zst/M, т/м^3	0,0035	0,6279	0,738	0,007
Zbr /M, т/м^3	0,0002	0,2499	0,539	0,005
Zf/M, т/м^3	0,0036	0,9782	0,331	0,028
Zr/M, т/м^3	0,0081	0,1177	0,098	0,007
Zu/M, т/м^3	0,0114	0,4398	0,087	0,028
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	2,3808	177,144	0,512	3,634
(Zst+ Zbr+Zf+Zr)/M, т/м^3	3,3695	174,506	0,482	3,958
(Zst+Zbr+Zf+Zr+Zu)/M, т/м^3	4,0365	236,939	0,584	4,012

Окончание таблицы 1.15

Береза				
Zst/M, т/м^3	0,0075	0,6811	0,811	0,009
Zbr /M, т/м^3	0,0027	0,2998	0,393	0,009
Zf/M, т/м^3	0,0034	0,8513	0,635	0,019
Zr/M, т/м^3	0,0065	0,2658	0,247	0,014
Zu/M, т/м^3	-0,0601	3,2145	0,576	0,076
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	0,0101	1,8743	0,813	0,023
(Zst+ Zbr+Zf+Zr)/M, т/м^3	0,0220	1,886	0,528	0,033
(Zst+Zbr+Zf+Zr+Zu)/M, т/м^3	0,0379	1,9555	0,308	0,057
Дуб				
Zst/M, т/м^3	0,0038	0,9029	0,672	0,011
Zbr /M, т/м^3	0,0029	0,4146	0,163	0,010
Zf/M, т/м^3	0,0044	0,9625	0,644	0,012
Zr/M, т/м^3	-0,0052	0,8412	0,832	0,006
Zu/M, т/м^3	0,0066	0,3190	0,096	0,009
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	0,0113	2,1136	0,565	0,021
(Zst+ Zbr+Zf+Zr)/M, т/м^3	0,0016	3,2307	0,621	0,019
(Zst+Zbr+Zf+Zr+Zu)/M, т/м^3	0,0281	2,3741	0,303	0,019
Бук				
Zst/M, т/м^3	0,0007	1,3834	0,884	0,009
Zbr /M, т/м^3	0,0054	0,1329	0,084	0,004
Zf/M, т/м^3	-0,0387	4,4650	0,602	0,035
Zr/M, т/м^3	0,0065	0,3320	0,325	0,010
Zu/M, т/м^3	0,0018	-0,0413	0,285	0,001
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	-0,0349	6,0889	0,748	0,035
(Zst+ Zbr+Zf+Zr)/M, т/м^3	-0,0388	7,1224	0,775	0,040
(Zst+Zbr+Zf+Zr+Zu)/M, т/м^3	-0,0456	8,0255	0,825	0,051
Липа				
Zst/M, т/м^3	0,0088	0,6840	0,192	0,027
Zbr /M, т/м^3	-0,0017	0,4483	0,747	0,005
Zf/M, т/м^3	0,0065	0,2692	0,492	0,005
Zr/M, т/м^3	-0,0014	0,3538	0,972	0,001
Zu/M, т/м^3	0,0017	0,1075	0,296	0,004
(Zst+ Zbr +Zf)/M, т/м^3	0,0150	1,3829	0,386	0,035

Таблица 1.16

Характеристика уравнений (1.4), рассчитанных по базе данных о запасах фитомассы и ЧПП лесообразующих пород Северной Евразии (метод 2)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные							R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4(\ln Pf)$	$a_5(\ln Pr)$	$a_6(\ln Pu)$		
Сосна (естественные насаждения)									
ln(*Zst*), т/м^3	-0,9525	-	-0,1318	0,7402	0,1431	-	-	0,717	0,507
ln(*Zbr*), т/м^3	-0,4158	-0,4996	-	0,1204	0,8942	-	-	0,425	0,724
ln(*Zf*), т/м^3	-0,2142	-0,3354	-	0,1704	0,6889	-	-	0,724	0,366
ln(*Zr*), т/м^3	3,0302	-1,2905	-	-0,7953	-	2,0238	-	0,665	0,750
ln(*Zu*), т/м^3	-1,4637	-	-	-	-	-	0,9632	0,683	0,900
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	0,0428	-	-0,0811	0,3783	0,5935	-	-	0,759	0,368
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*), т/м^3	0,4236	-	-0,0918	0,3807	0,6010	-	-	0,623	0,540
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*+*Zu*), т/м^3	2,7890	-0,8898	-	0,4854	0,2582	-	-	0,440	0,634
Сосна (культуры)									
ln(*Zst*), т/м^3	0,1261	-0,9367	-	0,7054	0,3191	-	-	0,386	0,463
ln(*Zbr*), т/м^3	-1,3254	-0,7770	-	0,5094	0,8432	-	-	0,433	0,510
ln(*Zf*), т/м^3	-1,0714	-	-0,0407	0,2418	0,6574	-	-	0,531	0,282
ln(*Zr*), т/м^3	2,4429	-1,0765	-	-1,0355	-	2,3222	-	0,837	0,597
ln(*Zu*), т/м^3	-1,4372	0,7872	-	-0,3544	-	-	0,8250	0,909	0,348
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	0,6220	-0,5061	-	0,3985	0,5359	-	-	0,453	0,361
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*), т/м^3	2,3529	-1,1244	-	0,6388	0,4155	-	-	0,400	0,579
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*+*Zu*), т/м^3	0,2815	-0,2972	-	0,4301	0,3559	-	-	0,766	0,236
Ель									
ln(*Zst*), т/м^3	-1,5766	-	-0,1193	0,7086	0,3736	-	-	0,886	0,415
ln(*Zbr*), т/м^3	-2,2340	-	-0,0338	0,1082	0,8970	-	-	0,624	0,675
ln(*Zf*), т/м^3	-0,9247	-0,0623	-	-0,0339	0,8962	-	-	0,790	0,351
ln(*Zr*), т/м^3	1,6214	-0,9510	-	-0,2490	-	1,1624	-	0,729	0,575
ln(*Zu*), т/м^3	-1,9950	-	-	0,1990	-	-	0,6684	0,625	0,666

Продолжение таблицы 1.16

ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	0,5681	-0,4999	-	0,3305	0,6573	-	-	0,936	0,234
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*), т/м^3	0,9379	-0,5457	-	0,4061	0,5048	-	-	0,887	0,316
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*+*Zu*), т/м^3	1,2956	-0,3936	-	0,4247	0,0961	-	-	0,755	0,294
Лиственница									
ln(*Zst*), т/м^3	-1,2890	-0,8350	-	1,0785	0,0374	-	-	0,890	0,437
ln(*Zbr*), т/м^3	-2,2938	-0,5668	-	0,6778	0,5660	-	-	0,668	0,754
ln(*Zf*), т/м^3	-0,0865	-0,5310	-	0,6406	-	-	-	0,635	0,563
ln(*Zr*), т/м^3	-2,5739	-0,1867	-	0,4261	-	0,4144	-	0,380	0,687
ln(*Zu*), т/м^3	-0,9549	-	-	-	-	-	0,5071	0,342	0,926
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	0,7942	-0,5279	-	0,5244	0,4735	-	-	0,902	0,317
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*), т/м^3	0,3621	-0,3496	-	0,5105	0,4992	-	-	0,892	0,280
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*+*Zu*), т/м^3	1,5535	-0,2293	-	0,2346	0,4049	-	-	0,695	0,346
Береза									
ln(*Zst*), т/м^3	-1,5962	-	-0,1405	0,9385	0,0380	-	-	0,886	0,340
ln(*Zbr*), т/м^3	-0,9661	-	-0,0657	0,4250	-0,2972	-	-	0,255	0,551
ln(*Zf*), т/м^3	-0,1349	-	-0,0329	0,2979	-	-	-	0,274	0,363
ln(*Zr*), т/м^3	-0,2530	-0,6943	-	-	-	0,9347	-	0,748	0,368
ln(*Zu*), т/м^3	0,3395	-0,3486	-	-	-	-	0,8686	0,769	0,720
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	1,0632	-0,4901	-	0,5023	0,1872	-	-	0,837	0,180
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*), т/м^3	1,3059	-0,5111	-	0,5117	0,1233	-	-	0,837	0,184
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*+*Zu*), т/м^3	1,5644	-0,5703	-	0,5573	-	-	-	0,755	0,190
Дуб									
ln(*Zst*), т/м^3	-0,2364	-0,7456	-	0,7847	0,2422	-	-	0,603	0,436
ln(*Zbr*), т/м^3	-2,7988	0,3393	-	-0,1765	1,9142	-	-	0,343	0,871
ln(*Zf*), т/м^3	0,2593	-0,0998	-	0,0634	0,8187	-	-	0,894	0,106
ln(*Zr*), т/м^3	-0,2967	-0,7899	-	-0,3219	-	-1,3906	-	0,529	0,868
ln(*Zu*), т/м^3	-1,6961	-0,3301	-	0,3349	-	-	0,8096	0,527	0,656
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	0,1338	-0,2129	-	0,3205	0,8830	-	-	0,736	0,262

Окончание таблицы 1.16

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные							R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4(\ln Pf)$	$a_5(\ln Pr)$	$a_6(\ln Pu)$		
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*), т/м^3	1,2786	-0,4945	-	0,3051	1,1405	-	-	0,740	0,261
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*+*Zu*), т/м^3	2,1716	-0,3273	-	0,2402	0,3997	-	-	0,463	0,195
Бук									
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4(\ln P_f)$	$a_5(\ln P_r)$	$a_6(\ln P_u)$		
ln(*Zst*), т/м^3	1,8356	-0,7380	-	0,6387	-0,6136	-	-	0,302	0,437
ln(*Zbr*), т/м^3	-1,7504	-0,7940	-	1,2036	-0,7896	-	-	0,440	0,569
ln(*Zf*), т/м^3	1,3300	-0,3077	-	0,2060	-	-	-	0,315	0,195
ln(*Zr*), т/м^3	1,1601	-0,5133	-	-0,3230	-	0,9449	-	0,404	0,450
ln(*Zu*), т/м^3	-2,2886	-	-	0,2631	-	-	0,6465	0,890	0,356
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	2,0276	-0,5586	-	0,5457	-0,3226	-	-	0,571	0,208
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*), т/м^3	2,1353	-0,4913	-	0,4107	0,2155	-	-	0,796	0,113
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*+*Zr*+*Zu*), т/м^3	2,3997	-0,4501	-	0,2759	0,5710	-	-	0,987	0,038
Липа									
ln(*Zst*), т/м^3	-14,7823	9,1048	-1,2607	-	-0,0530	-	-	0,717	0,313
ln(*Zbr*), т/м^3	1,3988	-	-0,0383	-0,1542	0,2874	-	-	0,564	0,253
ln(*Zf*), т/м^3	-1,7679	-	-	0,5006	-	-	-	0,551	0,322
ln(*Zu*), т/м^3	0,5352	0,6632	-	-0,7644	-	-	0,2981	0,713	0,327
ln(*Zst*+*Zbr*+*Zf*), т/м^3	0,8917	-0,2967	-	0,3267	0,5162	-	-	0,812	0,201

На втором этапе уравнения (1.2) и (1.4) табулировали по тем же значениям прироста, по которым рассчитывали эти уравнения, и затем сопоставляли расчетные значения с фактическими, принимая последние за истинные. Полученные значения среднеквадратической ошибки и ошибки для всех случаев (с учетом числа наблюдений) приведены в табл. 1.17.

Сравнение двух методов по точности оценки ЧПП выполнено путем расчета величины ошибки (для всех случаев), средней по восьми породам (табл. 1.18). Тем самым установлено, что при оценке ЧПП *общей* фитомассы насаждения (включая нижние ярусы) методы 1 и 2 равноценны по точности. Но при оценке ЧПП *по отдельным фракциям* ошибка определения по методу 1 существенно выше, чем по методу 2: для массы стволов, ветвей и корней – в 8-10 раз и для массы хвои (листвы) – в 2 раза. Отношение ошибки при оценке ЧПП насаждения по предложенному методу 2 к аналогичной ошибке, полученной по методу 1, снижается в последовательности: надземная фитомасса древостоя → общая фитомасса древостоя → общая фитомасса насаждения (соответственно 3,4; 2,6 и 1,0).

Это снижение различий в точности методов при оценке ЧПП происходит вследствие компенсации ошибок оценки отдельных фракций при суммировании последних. В частности, наличие большей в 2,6-3,4 раза *ошибки* при оценке ЧПП по методу 1 по сравнению с методом 2 подтвердило выше установленное аналогичное соотношение по *величине* оценки, полученное при экстраполяции фактических данных ЧПП на лесопокрытую площадь. Однако ошибка при определении ЧПП нижних ярусов, во-первых, имеет противоположный знак по отношению к показателям древостоя и, во-вторых, величина этого смещения при относительно невысоком вкладе в общую ЧПП насаждения достаточно велика, чтобы скомпенсировать ошибку при оценке ЧПП всего древостоя.

Поскольку оценки по методу 2 получены с привлечением данных о массе ассимиляционного аппарата и биологически обусловлены и характеризуются меньшими ошибками определения, расчет и картирование годичного депонирования углерода в фитомассе лесов в целом Уральского региона выполнено на основе соответствующих показателей ЧПП, полученных по методу 2.

Таблица 1.17

Ошибки определения ЧПП фитомассы по двум вариантам расчета, в процентах к фактическому значению

Фракция фитомассы	Метод 1		Метод 2	
	Для одного определения	Для всех случаев	Для одного определения	Для всех случаев
Сосна (естественные насаждения)				
Стволы	464,9	25,5	60,0	3,3
Ветви	16638,1	914,5	1469,7	81,5
Хвоя	283,1	15,4	35,9	2,0
Корни	1534,6	108,5	169,1	12,0
Надземная древостоя	125,7	6,9	41,3	2,3
Общая древостоя*	124,7	9,0	53,3	3,9
Общая насаждения*	63,6	5,1	57,4	4,6
Сосна (культуры)				
Стволы	224,3	15,0	161,2	11,4
Ветви	706,5	47,6	148,6	10,6
Хвоя	984,3	68,2	505,4	37,2
Корни	195,9	23,6	215,4	26,5
Надземная древостоя	37,8	2,6	44,8	3,3
Общая древостоя*	27,7	3,3	64,7	7,8
Общая насаждения*	19,9	3,9	20,3	4,0
Ель				
Стволы	897,3	73,3	50,1	4,1
Ветви	1920,9	156,8	215,8	17,6
Хвоя	765,1	62,5	348,7	28,5
Корни	919,5	84,3	71,9	6,6
Надземная древостоя	186,0	15,2	54,0	4,4
Общая древостоя*	126,8	11,6	53,3	4,8
Общая насаждения*	38,6	5,1	31,2	4,1
Лиственница				
Стволы	1065,1	146,3	45,3	6,2
Ветви	3148,2	432,4	98,1	13,5
Хвоя	840,5	109,4	480,9	62,6
Корни	1194,8	172,4	174,5	25,2
Надземная древостоя	460,0	58,0	39,8	5,1
Общая древостоя*	448,3	62,8	36,8	5,3
Общая насаждения*	73,6	11,9	35,2	5,8

Окончание таблицы 1.17

Фракция фитомассы	Метод 1		Метод 2	
	Для одного определения	Для всех случаев	Для одного определения	Для всех случаев
Береза				
Стволы	993,6	107,8	43,0	4,7
Ветви	2231,8	243,5	388,1	43,1
Листва	669,5	72,2	230,0	24,8
Корни	866,7	133,7	53,0	8,2
Надземная древостоя	250,6	27,0	30,7	3,3
Общая древостоя*	76,5	11,8	29,0	4,5
Общая насаждения*	33,2	5,6	33,9	5,7
Дуб				
Стволы	158,9	25,4	48,8	7,8
Ветви	890,3	144,4	129,2	21,0
Листва	61,0	8,4	25,6	3,5
Корни	2366,0	411,9	110,9	19,3
Надземная древостоя	37,3	5,4	30,6	4,4
Общая древостоя*	35,8	6,5	38,6	7,2
Общая насаждения*	16,3	4,0	51,5	12,5
Бук				
Стволы	78,8	12,0	49,6	7,6
Ветви	389,2	64,0	123,5	20,3
Листва	68,7	11,3	29,5	4,8
Корни	172,1	27,2	42,0	7,2
Надземная древостоя	21,9	3,4	41,1	6,7
Общая древостоя*	15,9	2,7	37,9	6,8
Общая насаждения*	16,0	4,4	14,6	4,0
Липа				
Стволы	124,8	29,4	35,4	8,3
Ветви	539,3	127,1	112,6	26,5
Листва	142,3	31,8	75,2	16,8
Корни	176,7	102,0	4,1	2,4
Надземная древостоя	29,2	6,5	30,7	6,9
Общая древостоя*	18,6	10,7	9,2	5,3

*Общая фитомасса древостоя равна сумме масс надземной и подземной; общая фитомасса насаждения равна сумме масс общей древостоя и нижних ярусов.

Таблица 1.18

Сравнение ошибок (для всех случаев) при оценке годичного прироста фитомассы насаждений, выполненной по двум методам

Сравниваемые методы	Ошибка оценки ЧПП фитомассы насаждений						
	Стволы	Ветви	Листва (хвоя)	Корни	Надземная древостоя	Общая древостоя	Общая насаждения
Метод 1 (уравнение 5.1)	54,3	266,3	47,4	132,9	15,6	14,8	5,8
Метод 2 (уравнение 5.3)	6,7	29,3	22,5	13,4	4,6	5,7	5,8
Отношение ошибок, полученных по двум методам (1:2)	8,1	9,1	2,1	9,9	3,4	2,6	1

1.3. Годичное депонирование углерода в насаждениях лесопокрытых площадей Уральского региона

1.3.1. Расчет годичного депонирования углерода

Оценки ЧПП по 2-му методу согласно структуре уравнения (1.4) и его характеристикам, полученным с использованием базы данных ЧПП по Уральскому региону (265 определений), были выполнены не только по Пермскому краю, но и с использованием аналогичного алгоритма - по остальным 9 территориальным образованиям региона: автономным округам Ямало-Ненецкому и Ханты-Мансийскому, республикам Коми и Башкирии, областям Тюменской, Свердловской, Курганской, Челябинской и Оренбургской.

Сводные результаты расчетов приведены в табл. 1.3-1.5, обобщенная карта-схема распределения годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений на территории Уральского региона показана на рис. 1.4. Закономерность изменения стока углерода по зональному градиенту (см. табл. 1.5 и рис. 1.4) в этом случае в основном повторяет таковую для запасов углерода (см. табл. 1.5 и рис. 1.2).

1.3.2. Картирование годичного депонирования углерода

Сводные показатели годичного депонирования углерода в фитомассе лесов Уральского региона даны в табл. 1.3, а количественная характеристика его территориального распределения по четырем градациям, принятым на рис. 1.6, дана в табл. 1.4.

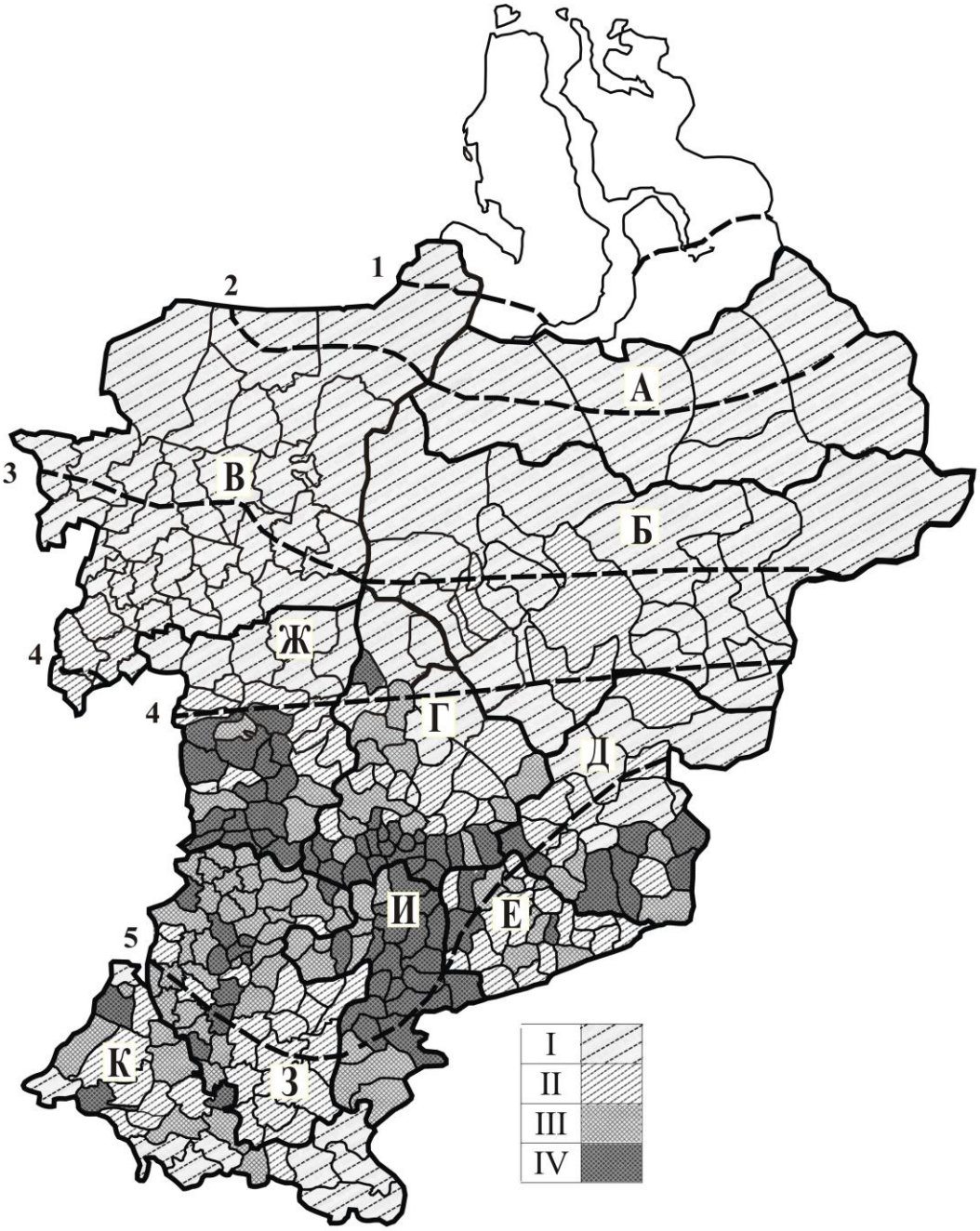


Рис. 1.6. Распределение годичного депонирования в фитомассе насаждений в расчете на лесопкрытую (в границах лесничеств) площадь. Градации депонирования углерода, т/га: I – 0,4-3,0; II – 3,0-3,7; III – 3,7-4,2; IV – 4,2-7,2. Сплошной линией обозначены границы лесничеств, пунктирной – южные границы: 1 – тундры, 2 – лесотундры, 3 – северной тайги, 4 – средней тайги, 5 – южной тайги. Буквами обозначены административные образования: А – Ямало-Ненецкий АО; Б - Ханты-Мансийский АО; В – республика Коми; Г – Свердловская обл.; Д – Тюменская обл.; Е – Курганская обл.; Ж – Пермский край; З – Башкирия; И – Челябинская обл.; К – Оренбургская обл.

Таким образом, на основе сформированной базы данных о фитомассе и ЧПП для лесообразующих пород Уральского региона разработана система связанных уравнений двух уровней. На первом из них структура фитомассы сопряжена со структурой данных ГУЛФ, в результате чего составлена карта-схема распределения углеродного пула по лесхозам на лесопокрытой площади 106 млн. га от лесотундры Ямала до степей Южного Урала. На втором уровне структура ЧПП фитомассы совмещена по рекурсивному принципу не только со структурой данных ГУЛФ, но и со структурой фитомассы, т.е. с результатами первого уровня, и составлена карта-схема годичного депонирования углерода, совмещенная с первой. Хотя все зависимости статистически достоверны, остается проблема оценки ошибки, совокупной по обоим уровням, без чего точность моделей второго уровня искусственно завышается (Швиденко, 2002). Подобную опасность накопления систематической ошибки таит в себе и практикуемый блочный принцип имитационного моделирования (Горстко, Эпштейн, 1978; Розенберг, 1984).

Данные по годичному депонированию углерода по 305 лесхозам Уральского региона получены впервые.

Глава 2
Автоматизированная информационная система пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Уральского региона

2.1. Концепция проектирования автоматизированной информационной системы пространственного анализа

Автоматизированная информационная система, как правило, рассматривается в виде совокупности программных модулей, каждый из которых осуществляет управление конкретной сферой деятельностью организации. Программные модули также включают концепции и методологии планирования и управления в различных сферах деятельности организации. Выбор состава модулей в рамках информационной системы зависит от размеров организации, ее технологических особенностей, сферы ее деятельности, особенности организации производства.

Любой программный модуль информационной системы представляет собой модель определенного автоматизируемого технологического процесса или какого-либо подразделения организации и может быть представлен в виде совокупности его программных элементов и системных связей между этими элементами, которые и задают структуру модуля. Таким образом, концепция проектирования информационной системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами заключается в моделировании структуры посредством выбора необходимых для системы программных элементов и задании функциональных связей между этими элементами.

Программные элементы любых модулей могут быть классифицированы по определенным признакам. На рис. 2.1 представлена классификация программных элементов по функциональным признакам.

На рис. 2.1 введены следующие условные обозначения:

1 – обращение к программам управления данными (запуск программ).

2 – запросы данных, проведение выборки данных, внесение данных и пр.

3 – данные.

4 – данные, результаты выборки, результаты.

5 – обращение к программам расчета величин и показателей на основе полученных данных (запуск программ).

6 – результаты проведения анализа.

7 – представление результатов расчетов в виде форм, результаты.

8 – отчетные формы.

Как показано на рис. 2.1, классификация включает 5 основных видов программных элементов, характеристики каждого из которых рассмотрены ниже.

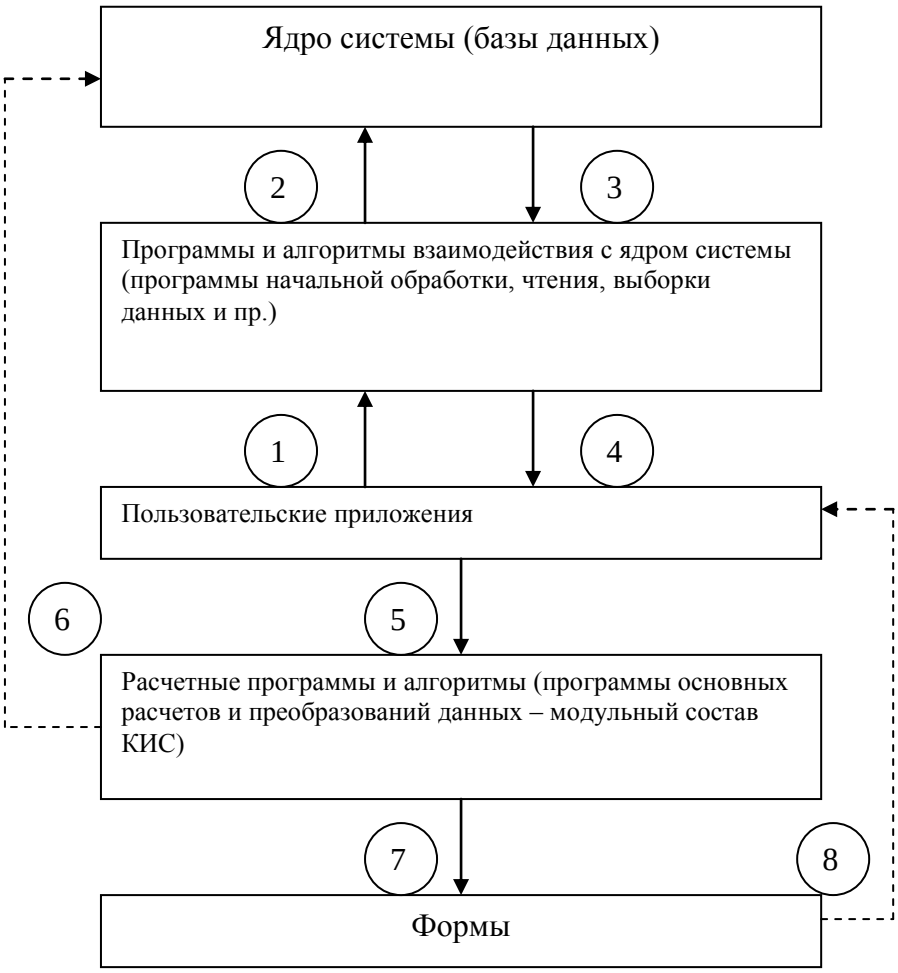


Рис.2.1. Классификация программных элементов по функциональным признакам

Ядро системы (базы данных). В файлах структуры БД фиксируются структура хранения данных и свойства обработки для каждой единицы данных (для каждого поля данных). В файлах структуры БД могут быть отражены следующие составляющие информационной системы:

- первичные данные системы (данные пробных площадей, и т.д.);
- система критериев оценки состояния внешней среды;
- показатели и индикаторы, на основе которых производится анализ и расчеты;
- «внутренние показатели» (сведения о сотрудниках, осуществляющих расчеты или запросы к данным; статистические данные о наиболее частых запросах к данным и пр.);
- результаты вычислений, произведенных на основе внутренних стандартов, показателей и индикаторов;
- прочие.

Программы и алгоритмы взаимодействия с ядром системы. Основное назначение данных программ – осуществление управления БД. Все программы и алгоритмы можно подразделить на следующие группы:

- программы первичной обработки данных и ввода данных в БД (в т.ч. программы проверки вводимых данных на соответствие);
- программы, осуществляющие чтение данных в БД в заданной последовательности;
- программы, осуществляющие выборку данных из БД по заданным параметрам (критериям);
- программы интерпретации показателей и индикаторов;
- программы расчета значений на основе запрашиваемых данных.

Все программы и алгоритмы представляют собой программный код. В целях избежания ошибок при чтении и вставке данных, необходимо создание программных кодов всех видов запросов к БД и их последующая стандартизация, т.е. установление внутриорганизационных стандартов для процедур получения и вставки данных с учетом периодов времени, за которые запрашиваются (вставляются) данные, типов данных и пр. При этом отпадает необходимость написания программы-запроса при создании пользовательских приложений, вместо чего вызывается уже стандартизированная программа, которая предоставляет обработанные данные в окно диалога.

Пользовательские приложения. Назначение пользовательских приложений в рамках КИС промышленного предприятия – управление данными. Пользовательские приложения обеспечивают сотрудников предприятия возможностями:

Получения данных и результатов выборки за различные периоды времени. Периоды времени задаются ввода соответствующего параметра, который передается программе, исполняющей выборку в соответствии со значениями параметра.

Ввода данных для внесения в БД и дальнейшей обработки. В данном случае приложение должно предоставлять пользователю для заполнения форму, содержащую поля ввода данных. По окончании заполнения пользователем формы вызывается исполняющая программа, которая обеспечивает ввод данных в БД. В целях избежания ошибок ввода рекомендуется предварительная проверка исполняющей программой введенных данных на соответствие требованиям к формату данных перед осуществлением процедуры ввода данных в БД.

Редактирования ранее введенных данных. Как правило, подразумевается следующая последовательность: чтение (выборка) данных из БД; обработка полученных данных в окне пользовательского приложения; вставка данных в БД. Данная процедура представляет собой совокупность двух вышеперечисленных.

Удаление ранее вводимых данных. В целях обеспечения возможности восстановления данных в случае непроизвольного удаления данных пользователями рекомендуется следующая организация процедуры удаления:

Создание однобайтового поля индикатора активности учетной записи при проектировании структуры БД (таблица FDT).

Чтение данных последовательно, по каждой учетной записи, подлежащей удалению и вывод данных в окне пользовательского приложения.

Присвоение полю индикатора активности каждой удаляемой учетной записи значения, соответствующего неактивному статусу учетной записи по команде пользователя, исходящей из приложения.

Вставка данных в БД.

Редактирование текста внутри окна пользовательского приложения.

Отображение полученных данных в единой форме и возможность манипулирование данными, а также возможность вызова программ дальнейшего расчета для показателей, указанных посредством окна приложения.

Отображение и печать форм, сформированных после проведения основных расчетов.

Расчетные программы и алгоритмы. Расчетные программы и алгоритмы осуществляют основные расчеты и преобразования. Математические и статистические методы, оптимизационные модели, модель «дерево решений» и пр. могут реализовываться в рамках программных модулей. Рассчитанные величины при необходимости окончательно интерпретируются в соответствии с принятыми на предприятии стандартами, и передаются в формы.

Отчетные формы. Все результаты расчетов должны отображаться в виде стандартизированных форм (в соответствии ГОСТам, либо внутренним стандартам, в зависимости от назначения). Также, при необходимости, возможно использование альтернативных отчетов (диаграммы, графики, географические карты, схемы).

При проектировании и реализации информационной системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Уральского региона были использованы программные элементы согласно изложенной выше концепции.

2.2. Структура и системные взаимосвязи программных компонентов системы

Структуру и взаимосвязи элементов созданной информационной системы можно представить в виде схемы (рис.2.2.). Принятые на рис. 2.2, условные обозначения и краткие пояснения к схеме представлены в табл. 2.1.

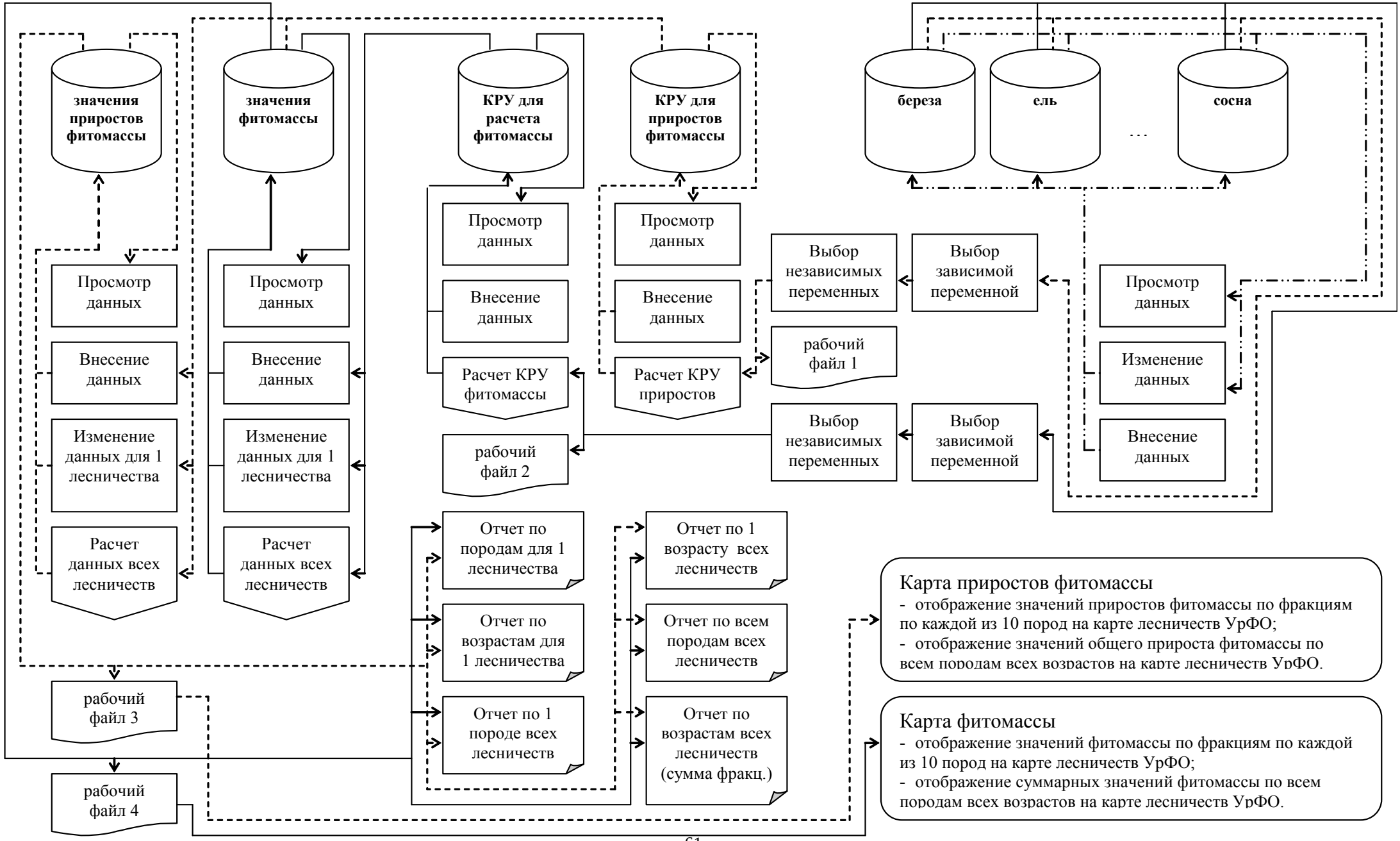


Рис.2.2. Структура и взаимосвязи элементов информационной системы

Таблица 2.1

Условные обозначения и пояснения к структуре системы

№	Условное обозначение	Пояснения
1	База данных	В базах данных размещаются: - данные пробных площадей (ДПП) фитомассы и годичных приростов фитомассы по 10 породам (всего 20 файлов баз данных, на рис. 2.2 обозначены названиями пород – «береза» и т.д.); - значения коэффициентов расчетных уравнений (КРУ) для расчета фитомассы и годичных приростов фитомассы по 10 породам (2 файла баз данных, на рис. 2.2 обозначены «КРУ для расчета фитомассы» и «КРУ для приростов фитомассы»); - значения фитомассы и приростов фитомассы по фракциям и по классам возраста для лесничеств Уральского Федерального Округа (2 файла баз данных, на рис. 2.2 обозначены «значения фитомассы» и «значения приростов фитомассы»). Всего создано 24 файла баз данных в СУБД ADABAS. На рис. 2.2 указатели, исходящие от баз данных (сверху) отображают запросы данных; указатели, ведущие к базам данных (снизу) отображают запись или редактирование данных. Запись, редактирование, просмотр записей баз данных, выбор независимых и зависимой переменных и исключение числа независимых переменных при расчете КРУ осуществляются посредством Приложений.
2	Функция Приложения	Приложения реализованы в виде диалогов в среде Natural. Подразумевают активное взаимодействие с пользователем – запрашивают ввода данных для ввода и редактирования, критериев поиска данных и расчетов. В рамках одного Приложения может быть реализовано несколько Функций Приложения. При помощи Функций Приложений осуществляются: - просмотр, изменение и внесение ДПП фитомассы и годичных приростов фитомассы по 10 породам (всего 6 Функций Приложений); - выбор независимых и зависимой переменных для расчета КРУ фитомассы и КРУ приростов (всего 4 Функций Приложений); - просмотр и внесение значений КРУ фитомассы и КРУ приростов с клавиатуры (всего 4 Функций Приложений); - просмотр, внесение и изменение значений площадей, занимаемым породой, и запаса по классам

		возраста по 1 лесничеству, и дальнейший запуск расчета значений фитомассы и приростов фитомассы (всего 6 Функций Приложений, при расчете значений приростов фитомассы изменение значений занимаемых площадей и запаса не допускается). На рис. 2.2 указатели, исходящие от Функций Приложений (слева) отображают запись или редактирование данных, транспортировку данных в рабочий файл или передачу данных в Приложение или Расчетную программу или рабочий файл; указатели, ведущие к Фнукциям Приложений (справа) отображают транспортировку результатов запросов к базам данных или получение данных из другого Приложения.
3	Расчетная	Расчетные программы реализованы в среде Natural. Подразумевают пассивное участие пользователя; осуществляют расчет значений на основе данных, передаваемых из Приложения или из базы данных. Расчетные программы выполняют следующие функции: - расчет КРУ для расчета фитомассы и КРУ для расчета приростов фитомассы по способу Чебышева; - расчет t-критерия Стьюдента и на основе его значений автоматическое исключение малозначимых независимых переменных из уравнений; - расчет значений фитомассы по 1 лесничеству и по всем лесничествам с дальнейшей транспортировкой в рабочий файл 4; - расчет значений годичных приростов фитомассы по 1 лесничеству и по всем лесничествам с дальнейшей транспортировкой в рабочий файл 3 (при расчете приростов кроме КРУ для расчета приростов фиотмассы также используются значения фитомассы – рис. 2.2); - прочие расчеты (проверка данных, компоновка данных и т.д.). На рис. 2.2 указатели, исходящие от Расчетных программ (слева) отображают редактирование данных; указатели ведущие к Приложениям (справа) отображают транспортировку данных из Приложений.
4	Рабочий	Создаются Приложениями или Расчетными программами в среде Natural. Содержат вспомогательные наборы данных, необходимые для расчетов или для транспортировки данных в ГИС. Всего создается 4 рабочих файла: - 2 рабочих файла содержат независимые и зависимую переменные, чей перечень формируется через Приложения (рабочие файлы 1 и 2 – рис. 2.2);

		- 2 рабочих файла содержат значения фитомассы и приростов фитомассы и используются для импорта данных в ГИС (рабочие файлы 3 и 4 – рис. 2.2). При формировании рабочих файлов 3 и 4 суммируются все классы возраста каждой породы, а также рассчитываются суммарные значения всех классов возрастов всех пород для каждого лесничества.
5	Отчет	Представляют собой типовые отчетные формы, выполненные в Natural Reporter. Основой для формирования имеют базы данных «значения приростов фитомассы» и «значения фитомассы». Во всех отчетах представляются значения как фитомассы, так и приростов фитомассы. Всего реализовано 6 типовых форм (рис. 2.2): - отчет, показывающий значения по фракциям по 1 породе для 1 лесничества (представляются значения всех классов возраста); - отчет, показывающий значения по фракциям всех пород для 1 лесничества (суммируются значения всех классов возраста); - отчет, показывающий сумму значений по всем классам возраста по 1 породе для всех лесничеств (суммируются значения для всех лесничеств по классам возраста заданной породы); - отчет, показывающий значения по фракциям 1 класса возраста по 1 породе для всех лесничеств (задаются значения класса возраста и породы); - отчет, показывающий значения по фракциям всех классов возраста всех пород для всех лесничеств (суммируются значения всех классов возраста и всех пород); - отчет, показывающий значения по классам возраста по всем породам для всех лесничеств (суммируются значения фракций и всех пород).
6	Карта	Карты реализованы в среде ГИС «Карта 2008» версия 10.5.2. Отображают границы лесничеств в рамках карты Уральского Федерального Округа, и содержат значения фитомассы и годичных приростов фитомассы по каждой породе, а также суммарные значения всех классов возраста всех пород для каждого лесничества. Основой для формирования имеют рабочие файлы 3 и 4. Всего реализовано 2 карты (отображающих значения фитомассы и приростов фитомассы).

7	← Указатель движения данных по фитомассе	Указатель отображает все потоки данных, задействованных при формировании значений фитомассы. Указатели, исходящие из БД рассматриваются как запросы, входящие – программы записи или редактирования данных.
8	← – – – – – – Указатель движения данных по приростам	Указатель отображает все потоки данных, задействованных при формировании значений годичных приростов фитомассы. Указатели, исходящие из БД рассматриваются как запросы, входящие – программы записи или редактирования данных.
9	Указатель движения данных ←— · · — · · — · · — пробных площадей	Указатель отображает все потоки данных, задействованных при формировании данных пробных площадей. Указатели, исходящие из БД рассматриваются как запросы, входящие – программы записи или редактирования данных.

2.3. Расчетные методы и алгоритмы аналитического блока системы

Аналитический блок информационной системы представляет собой совокупность Расчетных программ системы (рис. 2.2.), а также программ промежуточных расчетов при вводе данных и запросах к данным.

В рамках автоматизированной системы пространственного анализа депонирования углерода аналитический блок включает следующие расчетные процедуры:

1. На основе статистической обработки данных пробных площадей – выявление показателей (например, возраст и запас, отношение фитомассы листвы к величине запаса и т.д. для лесов определенной породы и класса возраста), оказывающих влияние на фитомассу и прирост фитомассы, и, как следствие, на углерододепонирующую способность лесов каждой породы, фракции и класса возраста, и отражение этого влияния в виде коэффициентов расчетных уравнений (КРУ). Данная расчетная процедура может осуществляться различными способами. В конечном варианте информационной системы расчет производится в среде ADABAS и Natural по способу Чебышева.
2. Расчет критериев для выявления степени влияния каждого из показателей на результирующую углерододепонирующую способность лесов каждой породы, фракции и класса возраста. В качестве критерия степени влияния был выбран t-критерий Стьюдента.
3. На основе значений критериев, оценивающих степень влияния - автоматический отброс тех показателей, влияние которых на углерододепонирующую способность лесов незначительно. Отброс осуществляется по значению t-критерия Стьюдента – незначительными

признаются те переменные, значение t-критерия по модулю которых получилось менее 1,9.

4. Расчет углерододепонирующей способности лесов каждой породы, фракции и класса возраста путем произведения полученных КРУ на значения соответствующих показателей.

5. Вспомогательные расчеты (расчет запаса каждой породы, фракции и класса возраста на 1 га занимаемой площади; проверка вводимых данных на соответствие требованиям; суммирование значений фитомассы и приростов фитомассы при формировании отчетов и проведении запросов к данным и т.д.).

Ниже подробно рассмотрены способ Чебышева, расчет t-критерия Стьюдента, алгоритм расчета КРУ, алгоритм расчета значений фитомассы и приростов фитомассы.

2.3.1. Способ Чебышева

Согласно способу Чебышева множественное корреляционное уравнение можно привести к виду:

$$r_{1|(j_2)|(j_3)|(j_4)|\ldots} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} \cdot \begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \\ r_{42} & r_{43} & 1 \end{vmatrix}} \cdot \frac{\begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} & \varepsilon_{4(j_4)} \\ 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} + \ldots \quad (2.1)$$

с основной ошибкой

$$\frac{\sigma^2_{1.234..}}{\sigma^2_1} = 1 - r^2_{12} - \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix}^2}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} - \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \end{vmatrix}^2}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \\ r_{42} & r_{43} & 1 \end{vmatrix}} - \ldots \quad (2.2)$$

где r_{pq} – коэффициент корреляции для случайных величин X_p и X_q (для независимых переменных уравнения);

$\varepsilon_{i(j_i)}$ - находится по формуле:

$$\varepsilon_{i(j_i)} = \frac{X_i - \overline{X}_i}{\overline{\sigma}_i} \qquad (2.3)$$

При последовательном увеличении числа случайных величин (независимых переменных), т.е. при увеличении n, количество слагаемых в уравнении (2.1) соответствующим образом увеличивается. Т.е. каждое последующее слагаемое в уравнении (2.1) добавляет одну независимую переменную. Так останавливаясь на первом члене уравнения (2.1) получаем

обыкновенное корреляционное уравнение первого порядка, выражающее зависимость x_1 от x_2:

$$r_{1(j_2)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} \tag{2.4}$$

с основной ошибкой

$$\sigma_{1.2} = \sigma_1\sqrt{1-r_{12}^2} \tag{2.5}$$

Присоединяя второе слагаемое уравнения (1) получаем множественное корреляционное уравнение второго порядка, выражающее зависимость X_1 от X_2 и X_3:

$$r_{1(j_2)(j_3)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} \cdot \begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix} \tag{2.6}$$

с основной ошибкой

$$\sigma_{1.23} = \sigma_1\sqrt{1-r_{12}^2 - \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix}^2}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}}} \tag{2.7}$$

И так далее. Для получения уравнения более высокого порядка, иными словами, при включении каждой дополнительной независимой переменной в уравнение, присоединяется еще одно слагаемое уравнения (2.1).

Также множественное корреляционное уравнение можно привести к виду:

$$r_{(j_1)(j_2)1}^{(2,2)} = r_{101}\varepsilon_{1(j_1)} + \frac{\delta_1}{\gamma_1}\left(\varepsilon_{2(j_2)} - r_{110}\varepsilon_{1(j_1)}\right) + \frac{d_1}{c_1}\left[\varepsilon_{1(j_1)}\varepsilon_{2(j_2)} - r_{210}\varepsilon_{1(j_1)} - r_{110} - \frac{\gamma_2}{\gamma_1}\left(\varepsilon_{2(j_2)} - r_{110}\varepsilon_{1(j_1)}\right)\right] +$$
$$+ \frac{\begin{vmatrix} c_1 & d_1 \\ c_2 & d_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} c_1 & c_2 \\ c_2 & c_3 \end{vmatrix}}\left\{\varepsilon_{1(j_j)}^2 - r_{300}\varepsilon_{1(j_1)} - 1 - \frac{\gamma_4}{\gamma_1}\left(\varepsilon_{2(j_2)} - r_{110}\varepsilon_{1(j_1)}\right) - \frac{c_2}{c_1}\left[\varepsilon_{1(j_1)}\varepsilon_{2(j_2)} - r_{210}\varepsilon_{1(j_1)} - r_{110} - \frac{\gamma_2}{\gamma_1}\left(\varepsilon_{2(j_2)} - r_{110}\varepsilon_{1(j_1)}\right)\right]\right\} \tag{2.8}$$

с основной ошибкой:

$$\frac{\sigma_{3.12}^{(2.2)^2}}{\sigma_3^2} = 1 - r_{101}^2 - \frac{\delta_1^2}{\gamma_1 c_1} - \frac{\begin{vmatrix} c_1 & d_1 \\ c_2 & d_2 \end{vmatrix}}{c_1 \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_2 \\ c_2 & c_3 \end{vmatrix}} - \frac{\begin{vmatrix} c_1 & c_2 & d_1 \\ c_2 & c_3 & d_2 \\ c_4 & c_5 & d_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} c_1 & c_2 \\ c_2 & c_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_2 & c_4 \\ c_2 & c_3 & c_5 \\ c_4 & c_5 & c_6 \end{vmatrix}} \qquad (2.9)$$

, где

$$\begin{cases} \gamma_1 = 1 - r_{110}^2 \\ \gamma_2 = r_{120} - r_{210} r_{110} \\ \gamma_3 = r_{220} - r_{210}^2 - r_{110}^2 \\ \gamma_4 = r_{210} - r_{110} r_{300} \\ \gamma_5 = r_{310} - r_{210} r_{300} - r_{110} \\ \gamma_6 = r_{400} - r_{300}^2 - 1 \\ \gamma_7 = r_{030} - r_{120} r_{110} \\ \gamma_8 = r_{130} - r_{210} r_{120} - r_{110} \\ \gamma_9 = r_{220} - r_{120} r_{300} - 1 \\ \gamma_{10} = r_{040} - r_{120}^2 - 1 \end{cases} \qquad (2.10)$$

$$\begin{cases} c_1 = \gamma_1 \gamma_3 - \gamma_2^2 \\ c_2 = \gamma_1 \gamma_5 - \gamma_2 \gamma_4 \\ c_3 = \gamma_1 \gamma_6 - \gamma_4^2 \\ c_4 = \gamma_1 \gamma_8 - \gamma_2 \gamma_7 \\ c_5 = \gamma_1 \gamma_9 - \gamma_4 \gamma_7 \\ c_6 = \gamma_1 \gamma_{10} - \gamma_7^2 \end{cases} \qquad (2.12)$$

$$\begin{cases} d_1 = \gamma_1 \delta_2 - \gamma_2 \delta_1 \\ d_2 = \gamma_1 \delta_3 - \gamma_4 \delta_1 \\ d_3 = \gamma_1 \delta_4 - \gamma_7 \delta_1 \end{cases} \qquad (2.13)$$

$$\begin{cases} \delta_1 = r_{011} - r_{110} r_{101} \\ \delta_2 = r_{111} - r_{210} r_{101} \\ \delta_3 = r_{201} - r_{300} r_{101} \\ \delta_4 = r_{021} - r_{120} r_{101} \end{cases} \qquad (2.11)$$

$$\varepsilon_{1(j_i)} = \frac{X_{1(j_i)} - \overline{X}_1}{\overline{\sigma}_1} \qquad (2.14)$$

Переход от условных основных моментов $r_{(j_1)|(j_2)|1}^{(h_1,h_2)}$ к вероятностным значениям $\tilde{X}_{(j_1)|(j_2)|1}$ осуществляется по формуле (2.15):

$$\tilde{X}_{(j_1)|(j_2)|1} = \overline{X}_3 + r_{(j_1)|(j_2)|1}^{(h_1,h_2)} \cdot \overline{\sigma}_3 \qquad (2.15)$$

где

$$\overline{\sigma}_3 = \sqrt{\frac{\sum (X_3^2)}{n}} \qquad (2.16)$$

Показанный ниже программный код представляет собой алгоритм расчета КРУ по методу Чебышева (2.1-2.7) в среде ADABAS и Natural для 3-х переменных (1 независимая переменная и 2 зависимых переменных):

```
read all in data1
assign #num := *counter
compute #loga = log (a1)
compute #logm = log (a2)
compute #logz = log (a3)
assign #suma := #suma + #loga
assign #summ := #summ + #logm
assign #sumz := #sumz + #logz
compute #sra = #suma / #num
compute #srm = #summ / #num
compute #srz = #sumz / #num
end-read
read all in data1
compute #loga = log (a1)
compute #logm = log (a2)
compute #logz = log (a3)
compute #x1 = #loga - #sra
compute #x2 = #logm - #srm
compute #x3 = #logz - #srz
compute #x12 = #x1**2
compute #x22 = #x2**2
compute #x32 = #x3**2
assign #sumx12 := #sumx12 + #x12
assign #sumx22 := #sumx22 + #x22
assign #sumx32 := #sumx32 + #x32
compute #m200 = #sumx12 / #num
compute #m020 = #sumx22 / #num
compute #m002 = #sumx32 / #num
compute #q1 = #m200**0.5
compute #q2 = #m020**0.5
compute #q3 = #m002**0.5
compute #x1x2 = #x1 * #x2
compute #x1x3 = #x1 * #x3
compute #x2x3 = #x2 * #x3
assign #sumx1x2 := #sumx1x2 + #x1x2
assign #sumx1x3 := #sumx1x3 + #x1x3
assign #sumx2x3 := #sumx2x3 + #x2x3
compute #m110 = #sumx1x2 / #num
compute #m101 = #sumx1x3 / #num
compute #m011 = #sumx2x3 / #num
compute #r110 = #m110 / (#q1 * #q2)
compute #r101 = #m101 / (#q1 * #q3)
compute #r011 = #m011 / (#q2 * #q3)
compute #x12x2 = #x12 * #x2
compute #x1x22 = #x1 * #x22
compute #x12x22 = #x12 * #x22
compute #x1x2x3 = #x1 * #x2 * #x3
assign #sumx12x2 := #sumx12x2 + #x12x2
assign #sumx1x22 := #sumx1x22 + #x1x22
assign #sumx12x22 := #sumx12x22 + #x12x22
assign #sumx1x2x3 := #sumx1x2x3 + #x1x2x3
compute #m210 = #sumx12x2 / #num
```

```
compute #m120 = #sumx1x22 / #num
compute #m220 = #sumx12x22 / #num
compute #m111 = #sumx1x2x3 / #num
compute #r210 = #m210 / (#q1**2 * #q2)
compute #r120 = #m120 / (#q1 * #q2**2)
compute #r220 = #m220 / (#q1**2 * #q2**2)
compute #r111 = #m111 / (#q1 * #q2 * #q3)
end-read
compute #y1 = 1 - #r110**2
compute #y2 = #r120 - #r210 * #r110
compute #y3 = #r220 - #r210**2 - #r110**2
compute #s1 = #r011 - #r110 * #r101
compute #s2 = #r111 - #r210 * #r101
compute #c1 = #y1 * #y3 - #y2**2
compute #d1 = #y1 * #s2 - #y2 * #s1
compute #s1y1 = #s1 / #y1
compute #freemem = #srz - #r101 * #sra * #q3 / #q1 - #s1y1 * #srm * #q3 / #q2 + #s1y1 *
#r110 * #sra * #q3 / #q1
compute #a1 = #r101 * #q3 / #q1 - #s1y1 * #r110 * #q3 / #q1
compute #a2 = #s1y1 * #q3 / #q2
end
```

Как показано в программном коде, для расчета 2 раза осуществляется чтение всех значений в файле хранения ИД (data1). Время осуществления 1 такого запроса на чтение записей в файле, хранящем 1000 записей, согласно проведенного эксперимента, составляет 0,1-0,2 сек. Время осуществления математического расчета – 0,1-0,2 сек. Таким образом, время осуществления расчета КРУ в среде ADABAS и Natural составит не более 0,6 сек.

КРУ соответствуют следующим переменным в программном коде:

#freemem – свободный член;

#a1 – x1;

#a2 – x2.

2.3.2. Алгоритм расчета значений коэффициентов расчетных уравнений

Максимальное количество независимых переменных в уравнениях для расчета КРУ фитомассы – 4; в уравнениях для расчета КРУ приростов фитомассы – 5. Возможно 4 варианта построения уравнения для расчета КРУ фитомассы: с 1 независимой переменной (2 переменных в уравнении), с 2-мя, с 3-мя и 4-мя независимыми переменными; а также 5 вариантов построения уравнения для расчета КРУ приростов фитомассы.

Идея алгоритма расчета значений КРУ заключается в осуществлении расчета единственным, однозначно определенным в каждом из 9 случаев, способом. Для этого уравнение (2.1) преобразуется в соответствии с количеством выбранных независимых переменных, и независимые

переменные (X_1, X_2 и т.д.) выносятся за скобки, так, чтобы коэффициенты при них можно было выразить через величины, вычисляемые по значениям независимых переменных. Всего создано 9 независимо функционирующих расчетных программ:

4 расчетные программы, осуществляющие расчет КРУ фитомассы и выражающие зависимость от 1, 2, 3 и 4 переменных, выбираемых в качестве независимых;

5 расчетных программ, осуществляющих расчет КРУ приростов фитомассы и выражающие зависимость от 1, 2, 3, 4 и 5 переменных, выбираемых в качестве независимых.

Выбор и запуск расчетной программы для расчета значений КРУ производится на основе количества переменных, выбираемых в качестве независимых. Значения выбранных независимых переменных считываются расчетной программой (БД пробных площадей по породам), которая также находит натуральные логарифмы значений, производит расчет их средних и сумм значений и рассчитывает КРУ. Ниже представлены формулы для 4 расчетных программ, осуществляющих расчет КРУ фитомассы.

Для расчета КРУ на основе 1 выбранной независимой переменной уравнение (2.1) будет иметь следующий вид:

$$r_{1|(j_2)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} \qquad (2.17)$$

Преобразуя выражение (2.17), получаем:

$$\frac{X_1 - \overline{X}_1}{\overline{\sigma}_1} = r_{12} \cdot \frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2}, \text{ или } X_1 = (\overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2}) + X_2 \frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2}.$$

Таким образом, коэффициенты расчетного уравнения, выражающего зависимость фитомассы от 1 выбранной переменной вычисляются расчетной программой по следующим формулам:

- свободный член (a):

$$a = \overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \qquad (2.18)$$

- коэффициент при X_2 (a_1):

$$a_1 = \frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \qquad (2.19)$$

Для расчета КРУ на основе 2 выбранных независимых переменных уравнение (2.1) будет иметь следующий вид:

$$r_{1(j_2)(j_3)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} \cdot \begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix} \qquad (2.20)$$

Преобразуем выражение (2.20):

$$r_{1(j_2)(j_3)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{r_{12}r_{23}\varepsilon_{2(j_2)}r_{23} - r_{13}\varepsilon_{2(j_2)}r_{23} - r_{12}r_{23}\varepsilon_{3(j_3)} + r_{13}\varepsilon_{3(j_3)}}{1 - r_{23}r_{32}}, \text{ или}$$

$$r_{1(j_2)(j_3)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{r_{13} - r_{12}r_{23}}{1 - r_{23}r_{32}}(\varepsilon_{3(j_3)} - \varepsilon_{2(j_2)}r_{23}).$$

Введем следующие обозначения:

$1 - r_{23}r_{32} = \gamma_1$; $r_{13} - r_{12}r_{23} = \delta_1$.

Преобразуем $\varepsilon_{i(j_i)}$ по формуле (3), и получаем:

$$\frac{X_1 - \overline{X}_1}{\overline{\sigma}_1} = r_{12}\frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} - r_{23}\frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{X_3 - \overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1}, \text{ или}$$

$$X_1 = (\overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{r_{23}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1}) + X_2(\frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} - \frac{r_{23}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1}) + X_3 \cdot \frac{\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1}$$

КРУ, выражающего зависимость фитомассы от 2 выбранных переменных вычисляются расчетной программой по следующим формулам:

- свободный член (a):

$$a = \overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{r_{23}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} \qquad (2.21)$$

- коэффициент при X_2 (a_1):

$$a_1 = \frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} - \frac{r_{23}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} \qquad (2.22)$$

- коэффициент при X_3 (a_2):

$$a_2 = \frac{\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} \qquad (2.23)$$

Уравнение (1) для расчета КРУ на основе 3 выбранных независимых переменных будет иметь следующий вид:

$$r_{1(j_2)(j_3)(j_4)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} \cdot \begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \\ r_{42} & r_{43} & 1 \end{vmatrix}} \cdot \frac{\begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} & \varepsilon_{4(j_4)} \\ 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} \tag{2.24}$$

Преобразуем выражение (2.24):

$$r_{1(j_2)(j_3)(j_4)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{r_{12}r_{23}\varepsilon_{2(j_2)}r_{23} - r_{13}\varepsilon_{2(j_2)}r_{23} - r_{12}r_{23}\varepsilon_{3(j_3)} + r_{13}\varepsilon_{3(j_3)}}{1 - r_{23}r_{32}} +$$

$$+ \frac{r_{12}(r_{23}r_{34} - r_{24}) - r_{13}(r_{34} - r_{24}r_{32}) + r_{14}(1 - r_{23}r_{32})}{(1 - r_{34}r_{43}) - r_{23}(r_{32} - r_{34}r_{42}) + r_{24}(r_{32}r_{43} - r_{42})} \cdot \frac{\varepsilon_{2(j_2)}(r_{23}r_{34} - r_{24}) - \varepsilon_{3(j_3)}(r_{34} - r_{24}r_{32}) + \varepsilon_{4(j_4)}(1 - r_{23}r_{32})}{1 - r_{23}r_{32}}$$

Введем следующие обозначения:

$$r_{23}r_{34} - r_{24} = \delta_2;\ r_{34} - r_{24}r_{32} = \delta_3;\ 1 - r_{34}r_{43} = \gamma_2;\ r_{32} - r_{34}r_{42} = \delta_4;\ r_{32}r_{43} - r_{42} = \delta_5.$$

Преобразуем $\varepsilon_{i(j_i)}$ по формуле (3), и получаем:

$$\frac{X_1 - \overline{X}_1}{\overline{\sigma}_1} = r_{12}\frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} - r_{23}\frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{X_3 - \overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{r_{12}\delta_2^2 - r_{13}\delta_3\delta_2 + r_{14}\gamma_1\delta_2}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} -$$

$$- \frac{X_3 - \overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{r_{12}\delta_2\delta_3 - r_{13}\delta_3^2 + r_{14}\gamma_1\delta_3}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} + \frac{X_4 - \overline{X}_4}{\overline{\sigma}_4} \cdot \frac{r_{12}\delta_2 - r_{13}\delta_3 + r_{14}\gamma_1}{\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5}$$

Введем следующие дополнительные обозначения:

$$\frac{r_{12}\delta_2^2 - r_{13}\delta_3\delta_2 + r_{14}\gamma_1\delta_2}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} = \alpha;\ \frac{r_{12}\delta_2\delta_3 - r_{13}\delta_3^2 + r_{14}\gamma_1\delta_3}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} = \beta;\ \frac{r_{12}\delta_2 - r_{13}\delta_3 + r_{14}\gamma_1}{\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5} = \varsigma.$$

Уравнение принимает вид:

$$X_1 = (\overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{r_{23}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_2\alpha}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3\beta}{\overline{\sigma}_3} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_4\varsigma}{\overline{\sigma}_4}) +$$

$$+ X_2(\frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} - \frac{r_{23}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{\overline{\sigma}_1\alpha}{\overline{\sigma}_2}) + X_3(\frac{\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\beta}{\overline{\sigma}_3}) + X_4 \cdot \frac{\overline{\sigma}_1\varsigma}{\overline{\sigma}_4}$$

КРУ, выражающие зависимость фитомассы от 3 выбранных переменных вычисляются расчетной программой по следующим формулам:

- свободный член (*a*):

$$a = \overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{r_{23}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_2\alpha}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3\beta}{\overline{\sigma}_3} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_4\varsigma}{\overline{\sigma}_4} \qquad (2.25)$$

- коэффициент при X_2 (a_1):

$$a_1 = \frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} - \frac{r_{23}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{\overline{\sigma}_1\alpha}{\overline{\sigma}_2} \qquad (2.26)$$

- коэффициент при X_3 (a_2):

$$a_2 = \frac{\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_3}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\beta}{\overline{\sigma}_3} \qquad (2.27)$$

- коэффициент при X_4 (a_3):

$$a_3 = \frac{\overline{\sigma}_1\varsigma}{\overline{\sigma}_4} \qquad (2.28)$$

Уравнение (1) для расчета КРУ на основе 4 выбранных независимых переменных имеет вид:

$$r_{1|(j_2)(j_3)(j_4)(j_5)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}}\cdot\begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} \\ 1 & r_{23} \end{vmatrix} + \frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \\ r_{42} & r_{43} & 1 \end{vmatrix}}\cdot\frac{\begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} & \varepsilon_{4(j_4)} \\ 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} \\ r_{32} & 1 \end{vmatrix}} +$$

$$+\frac{\begin{vmatrix} r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ 1 & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{32} & 1 & r_{34} & r_{35} \\ r_{42} & r_{43} & 1 & r_{45} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{32} & 1 & r_{34} & r_{35} \\ r_{42} & r_{43} & 1 & r_{45} \\ r_{52} & r_{53} & r_{54} & 1 \end{vmatrix}}\cdot\frac{\begin{vmatrix} \varepsilon_{2(j_2)} & \varepsilon_{3(j_3)} & \varepsilon_{4(j_4)} & \varepsilon_{5(j_5)} \\ 1 & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{32} & 1 & r_{34} & r_{35} \\ r_{42} & r_{43} & 1 & r_{45} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} \\ r_{32} & 1 & r_{34} \\ r_{42} & r_{43} & 1 \end{vmatrix}} \qquad (2.29)$$

Преобразуем выражение (29):

$$r_{1|(j_2)|(j_3)|(j_4)|(j_5)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} + \frac{r_{12}r_{23}\varepsilon_{2(j_2)}r_{23} - r_{13}\varepsilon_{2(j_2)}r_{23} - r_{12}r_{23}\varepsilon_{3(j_3)} + r_{13}\varepsilon_{3(j_3)}}{1 - r_{23}r_{32}} +$$

$$+ \frac{r_{12}(r_{23}r_{34} - r_{24}) - r_{13}(r_{34} - r_{24}r_{32}) + r_{14}(1 - r_{23}r_{32})}{(1 - r_{34}r_{43}) - r_{23}(r_{32} - r_{34}r_{42}) + r_{24}(r_{32}r_{43} - r_{42})} \cdot \frac{\varepsilon_{2(j_2)}(r_{23}r_{34} - r_{24}) - \varepsilon_{3(j_3)}(r_{34} - r_{24}r_{32}) + \varepsilon_{4(j_4)}(1 - r_{23}r_{32})}{1 - r_{23}r_{32}} +$$

$$+ \frac{\begin{bmatrix} r_{12}(r_{23}(r_{34}r_{45} - r_{35}) - r_{24}(r_{45} - r_{35}r_{43}) + r_{25}(1 - r_{43}r_{34})) - r_{13}((r_{34}r_{45} - r_{35}) - r_{24}(r_{32}r_{45} - r_{35}r_{42}) + r_{25}(r_{32} - r_{42}r_{34})) + \\ r_{14}((r_{45} - r_{35}r_{43}) - r_{23}(r_{32}r_{45} - r_{42}r_{35}) + r_{25}(r_{32}r_{43} - r_{42})) - r_{15}((1 - r_{34}r_{43}) - r_{23}(r_{32} - r_{34}r_{42}) + r_{24}(r_{32}r_{43} - r_{42})) \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} ((1 - r_{54}r_{45}) - r_{34}(r_{43} - r_{45}r_{53}) + r_{35}(r_{43}r_{54} - r_{53})) - r_{23}(r_{32}(1 - r_{45}r_{54}) - r_{34}(r_{42} - r_{52}r_{45}) + r_{35}(r_{42}r_{54} - r_{52})) + \\ r_{24}(r_{32}(r_{43} - r_{45}r_{53}) - (r_{42} - r_{45}r_{52}) + r_{35}(r_{42}r_{53} - r_{43}r_{52})) - r_{25}(r_{32}(r_{43}r_{54} - r_{53}) - (r_{42}r_{54} - r_{52}) + r_{34}(r_{42}r_{53} - r_{43}r_{52})) \end{bmatrix}} \cdot$$

$$\cdot \frac{\begin{bmatrix} \varepsilon_{2(j_2)}(r_{23}(r_{34}r_{45} - r_{35}) - r_{24}(r_{45} - r_{35}r_{43}) + r_{25}(1 - r_{43}r_{34})) - \varepsilon_{3(j_3)}((r_{34}r_{45} - r_{35}) - r_{24}(r_{32}r_{45} - r_{35}r_{42}) + r_{25}(r_{32} - r_{42}r_{34})) + \\ \varepsilon_{4(j_4)}((r_{45} - r_{35}r_{43}) - r_{23}(r_{32}r_{45} - r_{42}r_{35}) + r_{25}(r_{32}r_{43} - r_{42})) - \varepsilon_{5(j_5)}((1 - r_{34}r_{43}) - r_{23}(r_{32} - r_{34}r_{42}) + r_{24}(r_{32}r_{43} - r_{42})) \end{bmatrix}}{\left[(1 - r_{34}r_{43}) - r_{23}(r_{32} - r_{34}r_{42}) + r_{24}(r_{32}r_{43} - r_{42})\right]}$$

Введем следующие обозначения:

$r_{34}r_{45} - r_{35} = \delta_6$; $r_{45} - r_{35}r_{43} = \delta_7$; $r_{32}r_{45} - r_{35}r_{42} = \delta_8$; $r_{43} - r_{45}r_{53} = \delta_9$; $r_{43}r_{45} - r_{53} = \delta_{10}$;

$r_{42} - r_{52}r_{45} = \delta_{11}$; $r_{42}r_{54} - r_{52} = \delta_{12}$; $r_{42}r_{53} - r_{43}r_{52} = \delta_{13}$; $1 - r_{54}r_{45} = \gamma_3$.

Уравнение приобретает вид:

$$r_{1|(j_2)|(j_3)|(j_4)|(j_5)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} - r_{23}\varepsilon_{2(j_2)} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \varepsilon_{3(j_3)} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \varepsilon_{2(j_2)} \cdot \frac{r_{12}\delta_2^2 - r_{13}\delta_3\delta_2 + r_{14}\gamma_1\delta_2}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} -$$

$$- \varepsilon_{3(j_3)} \cdot \frac{r_{12}\delta_2\delta_3 - r_{13}\delta_3^2 + r_{14}\gamma_1\delta_3}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} + \varepsilon_{4(j_4)} \cdot \frac{r_{12}\delta_2 - r_{13}\delta_3 + r_{14}\gamma_1}{\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5} +$$

$$+ \frac{r_{12}(r_{23}\delta_6 - r_{24}\delta_7 + r_{25}\gamma_2) - r_{13}(\delta_6 - r_{24}\delta_8 + r_{25}\delta_4) + r_{14}(\delta_7 - r_{23}\delta_8 + r_{25}\delta_5) - r_{15}(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)}{(\gamma_3 - r_{34}\delta_9 + r_{35}\delta_{10}) - r_{23}(r_{23}\gamma_3 - r_{34}\delta_{11} + r_{35}\delta_{12}) + r_{24}(r_{32}\delta_9 - \delta_{11} + r_{35}\delta_{13}) - r_{25}(r_{32}\delta_{10} - \delta_{12} + r_{34}\delta_{13})} \cdot$$

$$\cdot \frac{\varepsilon_{2(j_2)}(r_{23}\delta_6 - r_{24}\delta_7 + r_{25}\gamma_2) - \varepsilon_{3(j_3)}(\delta_6 - r_{24}\delta_8 + r_{25}\delta_4) + \varepsilon_{4(j_4)}(\delta_7 - r_{23}\delta_8 + r_{25}\delta_5) - \varepsilon_{5(j_5)}(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)}{\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5}$$

Введем следующие дополнительные обозначения:

$r_{23}\delta_6 - r_{24}\delta_7 + r_{25}\gamma_2 = t_1$; $\delta_6 - r_{24}\delta_8 + r_{25}\delta_4 = t_2$; $\delta_7 - r_{23}\delta_8 + r_{25}\delta_5 = t_3$; $\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5 = t_4$;

$\gamma_3 - r_{34}\delta_9 + r_{35}\delta_{10} = t_5$; $r_{32}\gamma_3 - r_{34}\delta_{11} + r_{35}\delta_{12} = t_6$; $r_{32}\delta_9 - \delta_{11} + r_{35}\delta_{13} = t_7$; $r_{32}\delta_{10} - \delta_{12} + r_{34}\delta_{13} = t_8$.

Уравнение принимает вид:

$$r_{1(j_2)(j_3)(j_4)(j_5)} = r_{12}\varepsilon_{2(j_2)} - r_{23}\varepsilon_{2(j_2)} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \varepsilon_{3(j_3)} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \varepsilon_{2(j_2)} \cdot \frac{r_{12}\delta_2^2 - r_{13}\delta_3\delta_2 + r_{14}\gamma_1\delta_2}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} -$$

$$- \varepsilon_{3(j_3)} \cdot \frac{r_{12}\delta_2\delta_3 - r_{13}\delta_3^2 + r_{14}\gamma_1\delta_3}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} + \varepsilon_{4(j_4)} \cdot \frac{r_{12}\delta_2 - r_{13}\delta_3 + r_{14}\gamma_1}{\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5} +$$

$$+ \frac{r_{12}t_1 - r_{13}t_2 + r_{14}t_3 - r_{15}t_4}{t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8} \cdot \frac{\varepsilon_{2(j_2)}t_1 - \varepsilon_{3(j_3)}t_2 + \varepsilon_{4(j_4)}t_3 - \varepsilon_{5(j_5)}t_4}{\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5}$$

Выносим общие множители $\varepsilon_{i(j_i)}$ за скобки и преобразуем по формуле (2.3):

$$\frac{X_1 - \overline{X}_1}{\overline{\sigma}_1} = r_{12}\frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} - r_{23}\frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{X_3 - \overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{r_{12}\delta_2^2 - r_{13}\delta_3\delta_2 + r_{14}\gamma_1\delta_2}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} -$$

$$- \frac{X_3 - \overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{r_{12}\delta_2\delta_3 - r_{13}\delta_3^2 + r_{14}\gamma_1\delta_3}{\gamma_2\gamma_1 - r_{23}\delta_4\gamma_1 + r_{24}\delta_5\gamma_1} + \frac{X_4 - \overline{X}_4}{\overline{\sigma}_4} \cdot \frac{r_{12}\delta_2 - r_{13}\delta_3 + r_{14}\gamma_1}{\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5} +$$

$$+ \frac{X_2 - \overline{X}_2}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{r_{12}t_1^2 - r_{13}t_2t_1 + r_{14}t_3t_1 - r_{15}t_4t_1}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)} - \frac{X_3 - \overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{r_{12}t_2t_1 - r_{13}t_2^2 + r_{14}t_3t_2 - r_{15}t_4t_2}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)} +$$

$$+ \frac{X_4 - \overline{X}_4}{\overline{\sigma}_4} \cdot \frac{r_{12}t_1t_3 - r_{13}t_2t_3 + r_{14}t_3^2 - r_{15}t_4t_3}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)} - \frac{X_5 - \overline{X}_5}{\overline{\sigma}_5} \cdot \frac{r_{12}t_1t_4 - r_{13}t_2t_4 + r_{14}t_3t_4 - r_{15}t_4^2}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)}$$

Введем следующие дополнительные обозначения:

$$\frac{r_{12}t_1^2 - r_{13}t_2t_1 + r_{14}t_3t_1 - r_{15}t_4t_1}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)} = q_1;$$

$$\frac{r_{12}t_2t_1 - r_{13}t_2^2 + r_{14}t_3t_2 - r_{15}t_4t_2}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)} = q_2;$$

$$\frac{r_{12}t_1t_3 - r_{13}t_2t_3 + r_{14}t_3^2 - r_{15}t_4t_3}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)} = q_3;$$

$$\frac{r_{12}t_1t_4 - r_{13}t_2t_4 + r_{14}t_3t_4 - r_{15}t_4^2}{(t_5 - r_{23}t_6 + r_{24}t_7 - r_{25}t_8)(\gamma_2 - r_{23}\delta_4 + r_{24}\delta_5)} = q_4.$$

Уравнение принимает вид:

$$X_1 = (\overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{r_{23}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_2\alpha}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3\beta}{\overline{\sigma}_3} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_4\varsigma}{\overline{\sigma}_4} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_2q_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3q_2}{\overline{\sigma}_3} -$$

$$- \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_4q_3}{\overline{\sigma}_4} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_5q_4}{\overline{\sigma}_5}) + X_2(\frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} - \frac{r_{23}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{\overline{\sigma}_1\alpha}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1q_1}{\overline{\sigma}_2}) + X_3(\frac{\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_3} \cdot \frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\beta}{\overline{\sigma}_3} - \frac{\overline{\sigma}_1q_2}{\overline{\sigma}_3}) +$$

$$+ X_4(\frac{\overline{\sigma}_1\varsigma}{\overline{\sigma}_4} + \frac{\overline{\sigma}_1q_3}{\overline{\sigma}_4}) - X_5 \cdot \frac{\overline{\sigma}_1q_4}{\overline{\sigma}_5}$$

КРУ, выражающие зависимость фитомассы от 4 выбранных переменных, вычисляются расчетной программой по следующим формулам:

- свободный член (a):

$$a = \overline{X}_1 - \frac{r_{12}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{r_{23}\overline{X}_2\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3}{\overline{\sigma}_3}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_2\alpha}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3\beta}{\overline{\sigma}_3} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_4\varsigma}{\overline{\sigma}_4} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_2 q_1}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_3 q_2}{\overline{\sigma}_3} - \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_4 q_3}{\overline{\sigma}_4} + \frac{\overline{\sigma}_1\overline{X}_5 q_4}{\overline{\sigma}_5} \quad (2.30)$$

- коэффициент при X_2 (a_1):

$$a_1 = \frac{r_{12}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2} - \frac{r_{23}\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_2}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} + \frac{\overline{\sigma}_1\alpha}{\overline{\sigma}_2} + \frac{\overline{\sigma}_1 q_1}{\overline{\sigma}_2} \quad (2.31)$$

- коэффициент при X_3 (a_2):

$$a_2 = \frac{\overline{\sigma}_1}{\overline{\sigma}_3}\cdot\frac{\delta_1}{\gamma_1} - \frac{\overline{\sigma}_1\beta}{\overline{\sigma}_3} - \frac{\overline{\sigma}_1 q_2}{\overline{\sigma}_3} \quad (2.32)$$

- коэффициент при X_4 (a_3):

$$a_3 = \frac{\overline{\sigma}_1\varsigma}{\overline{\sigma}_4} + \frac{\overline{\sigma}_1 q_3}{\overline{\sigma}_4} \quad (2.33)$$

- коэффициент при X_5 (a_4):

$$a_4 = \frac{\overline{\sigma}_1 q_4}{\overline{\sigma}_5} \quad (2.34)$$

КРУ, выражающего зависимость приростов фитомассы от 1, 2, 3, 4 и 5 выбранных переменных и вычисляются аналогичным способом.

2.3.3. Критерий Стьюдента (t-критерий)

После расчета предполагается обязательный запуск алгоритма расчета t-критерия, и автоматическое исключение переменных, абсолютные значения t-критерия которых менее 1,9 с последующим запуском расчетной программы, осуществляющие расчет КРУ для оставшегося количества независимых переменных. Процедура повторяется до тех пор, пока все абсолютные значения t-критерия превысят значение 1,9. В этом случае осуществляется запись полученных значений КРУ в БД.

Для расчета t-критерия использовалась следующая формула:

$$t = \frac{a_i}{\sqrt{\sigma_{ai}^2}} \quad (2.35)$$

где

a_i – полученное значение коэффициента;

σ_{ai} – среднеквадратичное отклонение.

2.3.4. Алгоритм получения значений углерода фитомассы и его годичного депонирования

Расчет фитомассы и ЧПП (приростов фитомассы) осуществляется на основе метода Чебышева. В число независимых переменных при расчете приростов фитомассы включаются рассчитанные значения фитомассы по

каждой из 10 пород (фитомасса листвы, фитомасса корней, фитомасса нижних ярусов).

Для расчета значений фитомассы и приростов фитомассы и занесения значений в соответствующие базы данных (рис. 2.2) производится вычисление суммы произведений КРУ на соответствующие значения независимых переменных.

Как показано на рис. 2.2, необходимыми элементами для осуществления расчетов по фитомассе и приростам фитомассы являются базы данных КРУ для расчета приростов фитомассы и КРУ для расчета фитомассы. Структура этих баз данных упрощенно может быть представлена в виде таблицы (табл. 2.2 и табл. 2.3).

В таблице 2.2 используются следующие условные обозначения:

а – свободный член в уравнении;

a_1 – натуральный логарифм возраста;

a_2 – квадрат натурального логарифм возраста;

a_3 – натуральный логарифм запаса;

a_4 – натуральный логарифм отношения фитомассы листвы к величине запаса.

Таблица 2.2

Структура базы данных КРУ для расчета фитомассы

№	Порода	Фракция	Коэффициенты расчетных уравнений (для независимых переменных)				
			а	a_1	a_2	a_3	a_4
1	Береза	P_{st}	-0,7536	0	0	1,0154	0
		P_b	-1,8086	0,1202	0	0	0,2838
		P_f	1,4164	-2,2059	0,2151	0	0
		P_r	-0,0821	0	0	0,6536	0
		P_u	1,2350	0,2981	0	-1,3447	0
…	…	…	…	…	…	…	…
10	Сосна	P_{st}	-1,2149	0,3145	-0,0349	0,9366	0

Таблица 2.3

Структура базы данных КРУ для расчета приростов фитомассы

№	порода	фрак-ция	Коэффициенты расчетных уравнений (для независимых переменных)					
			а	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
1	Береза	Z_{st}	0,1859	-1,0005	0,8971	0	0	0
		Z_b	-0,4285	-0,2023	0	0,8003	0	0
		Z_f	-0,3550	-0,5078	0,7003	0	0	0
		Z_r	0,0954	-0,3177	-0,4191	0	0,9879	0
		Z_u	1,2652	-0,4600	0	0	0	0,4269
…	…	…	…	…	…	…	…	…
10	Сосна	Z_{st}	-1,33	-0,6832	0,9233	0	0	0

При расчете значений фитомассы перечень независимых переменных может изменяться, и, в зависимости от специфики породы под коэффициентами (a, a_1, a_2, a_3, a_4) могут ассоциироваться и другие независимые переменные. Общее количество независимых переменных, включая свободный член – 5. При исключении независимых переменных на основе допустимого значения t-критерия (1,9) для какой-либо фракции значение соответствующего коэффициента приравнивается нулю. Специфика каждой породы учитывается расчетными программами при расчете значений фитомассы подстановки в уравнения значений соответствующих независимых переменных.

В таблице 2.3 используются следующие условные обозначения:

a – свободный член в уравнении;

a1 – натуральный логарифм возраста;

a2 – натуральный логарифм запаса;

a3 – натуральный логарифм фитомассы листвы;

a4 – натуральный логарифм фитомассы корней;

a5 – натуральный логарифм фитомассы нижних ярусов.

При расчете значений приростов фитомассы перечень независимых переменных не изменяется. Общее количество независимых переменных, включая свободный член – 6. При исключении независимых переменных на основе допустимого значения t-критерия (1,9) для какой-либо фракции значение соответствующего КРУ приравнивается нулю.

Все поля (ячейки) таблиц 2 и 3 заполняются таким способом, чтобы ни одно поле не осталось пустым. Таким образом, при нахождении суммы произведений КРУ на значения независимых переменных автоматически исключается влияние малозначимых независимых переменных на итоговое значение фитомассы и приростов фитомассы, т.к. произведение любого значений переменной на 0 (КРУ малозначимых переменных приравниваются нулю) дает 0.

2.4. Выбор программного обеспечения для реализации системы

2.4.1. Обоснование выбора СУБД

Основу любой автоматизированной системы составляют ее информационные модели и средства их обработки, представленные в виде совокупности баз данных и расчетных программ. Поэтому эффективность автоматизированной системы во многом определяется свойствами используемых СУБД и редактора управляющих приложений.

В качестве среды для реализации системы оценки углерододепонирующей способности лесов России была выбрана среда СУБД ADABAS и редактора приложений Natural. СУБД ADABAS (компания Software AG, Германия) является профессиональной промышленной СУБД, предназначенной для создания информационных систем и решающей ряд трудноформализуемых прикладных задач. Это

многофункциональная СУБД, с успехом применяемая в таких областях деятельности, как управление организацией, обработка научно-технической и библиографической информации, автоматизация проектных работ, обработка экономической информации. Она обеспечивает высокую производительность при работе с большими и сверхбольшими базами данных, обладает развитыми средствами контроля, поддержания и восстановления целостности баз данных. Natural - платформа Software AG, предназначенная для разработки как транзакционных приложений, так и целых информационных систем.

Эта среда широко известна в Европе; в России также имеется опыт реализации крупных автоматизированных систем. Так в настоящее время на базе ADABAS и Natural автоматизирована деятельность таких организаций, как: Администрация Президента Российской Федерации, РАО “Газпром”, ГК "Росвооружение", Аэрофлот, ГВЦ Министерства путей сообщения, Министерство иностранных дел, Департамент морского флота РФ, Государственная Центральная научная медицинская библиотека, РНЦ "Курчатовский институт", издательство “Пресса”, Чебоксарский завод промышленных тракторов, Мурманский морской завод "Севморпуть", Омский шинный завод, Волжский трубный завод, Владимирский химический завод, концерн OTIS и другие.

Однако, несмотря на то, что (как показывает вышеприведенный перечень) функциональные возможности этой среды позволяют строить системы управления организацией практически любой сферы деятельности, существует мало разработок в лесопромышленной отрасли. Отчасти это обусловлено малым количеством русскоязычных публикаций, посвященных проблематике проектирования информационных систем в среде ADABAS и Natural (в основном это публикации сотрудников компании Software AG - Брусенков И.В., Кондратенков В.А., Силин В.Д.; публикации сотрудников Уральского государственного лесотехнического университета – Воронов М.П., Часовских В.П., Усольцев В.А., Слободин В.А. и др.; прочие авторы – Грачева Т.В., Смирнов М.А.), а также публикации по автоматизации деятельности лесопромышленного предприятия.

Тем не менее, как показывают исследования (монография Воронова М.П., Часовских В.П. «Исследование системных связей и закономерностей функционирования корпоративной информационной системы лесопромышленного предприятия в среде ADABAS и Natural)), реализация информационных систем управления лесопромышленных предприятий в среде СУБД ADABAS и Natural может быть весьма эффективной.

В разрезе построения автоматизированной системы оценки углерододепонирующей способности лесов России можно сделать следующие выводы о свойствах создаваемой информационной модели:

1. Большой размер файлов БД, объемы и большое количество элементов записей (полей). Для обеспечения производительности системы

требуется детального анализа структуры хранения данных в СУБД и оптимизация структуры файлов БД.

2. Большинство запросов к БД ИС (в т.ч. статистические запросы к БД) осуществляется по комбинациям полей (4-6 и более полей).

3. Одним из основных критериев быстродействия системы является эффективность метода доступа к файлам БД. Наиболее эффективным методом доступа к файлам БД является метод комбинированных индексов.

4. Распределенная среда. Принимая во внимание большой территориальный охват создаваемой системы, необходимо предусмотреть возможность функционирования системы в условиях распределенной среды.

5. Стоимость использования.

6. Возможность совместного использования с ГИС-системами.

Будем считать сделанные выводы основными критериями для выбора среды реализации информационной системы промышленного предприятия.

В данном контексте среда СУБД ADABAS и Natural обладает следующими преимуществами:

1. Многоуровневая структура хранения данных (а также использование периодических групп и множественных полей) СУБД ADABAS позволяет создавать любые модели данных (в т.ч. реляционные, сетевые и пр.). Также существует возможность комбинированного использования различных моделей данных, что позволяет оптимизировать структуру БД.

2. Структура хранения данных и методы доступа к данным СУБД ADABAS обеспечивают наиболее производительный способ получения статистической информации о хранящихся в БД данных – путем задания поисковых полей (дескрипторов).

3. Структура хранения данных и методы доступа к данным СУБД ADABAS позволяют использовать наиболее эффективный метод доступа к данным – метод комбинированных индексов.

4. Возможность работы СУБД ADABAS и Natural в условиях распределенной среды позволяет создавать крупные корпоративные системы, подразделения которых могут находиться на больших расстояниях друг от друга.

5. Среда СУБД ADABAS и Natural является подходящей при оценке по критерию «технические возможности – стоимость использования».

6. Существуют возможности интеграции среды СУБД ADABAS и Natural с такими ГИС, как MapInfo, ГИС Карта и пр.

2.4.2. Поисковое исследование по выбору способа и среды реализации аналитического блока системы и ее программных компонентов

В процессе проектирования информационной системы было установлено, что существует большое количество альтернативных вариантов реализации аналитического блока информационной системы. Каждый из ниже представленных вариантов реализации является полноценным способом, который может быть использован при определенных условиях в зависимости от целевого назначения системы, территориального охвата, функциональных свойств и прочих факторов проектируемой системы.

В рамках работы над информационной системой, описывающей депонирование углерода лесными экосистемами УрФО, для выбора оптимального альтернативного варианта реализации аналитического блока использовались следующие критерии:

1. Возможность создания полностью автоматизированной системы. Подразумевается участие человека только на этапе ввода или корректировке ИД. Для этого необходима реализация следующих ключевых моментов:
   - автоматический расчет и пересчет КРУ и ИЗ при изменении ИД;
   - автоматический отброс незначимых или малозначимых переменных в расчетных уравнениях.
2. Возможность функционирования системы в условиях распределенной среды. Принимая во внимание, что создаваемая система может быть в дальнейшем расширена за счет включения в систему ИД других регионов РФ, а также в целях обеспечения возможности корректировки данных и системы специализированными учреждениями этих регионов, данный критерий представляется важным.
3. Эффективность СУБД. Эффективность информационной системы, в т.ч. ее аналитического блока во многом обусловлена характеристиками СУБД (быстродействие, структура хранения данных, архитектура СУБД и т.д.), в которой реализуется ядро информационной системы.

1 вариант.

Изначально все предварительные расчеты проводились средствами пакета Statgraphics Plus. Поэтому рассматривалась возможность транспортировки результатов, полученных при расчете в Statgraphics Plus. Реализация аналитического блока при этом предполагалась по следующей схеме (рис. 2.3).

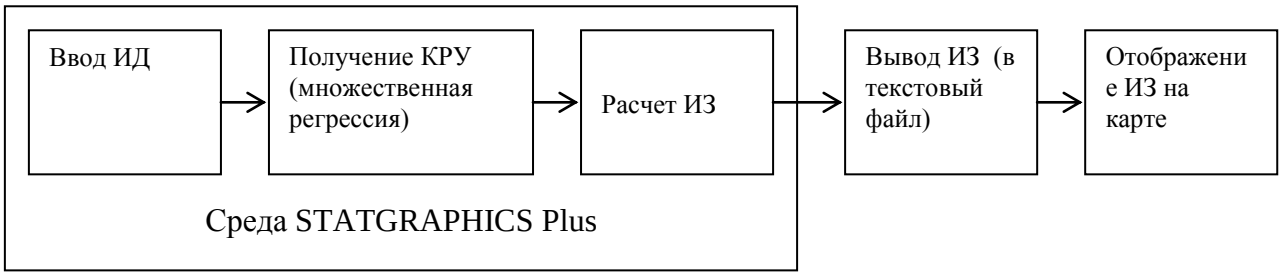


Рис. 2.3. Схема реализации аналитического блока системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала (1 вариант)

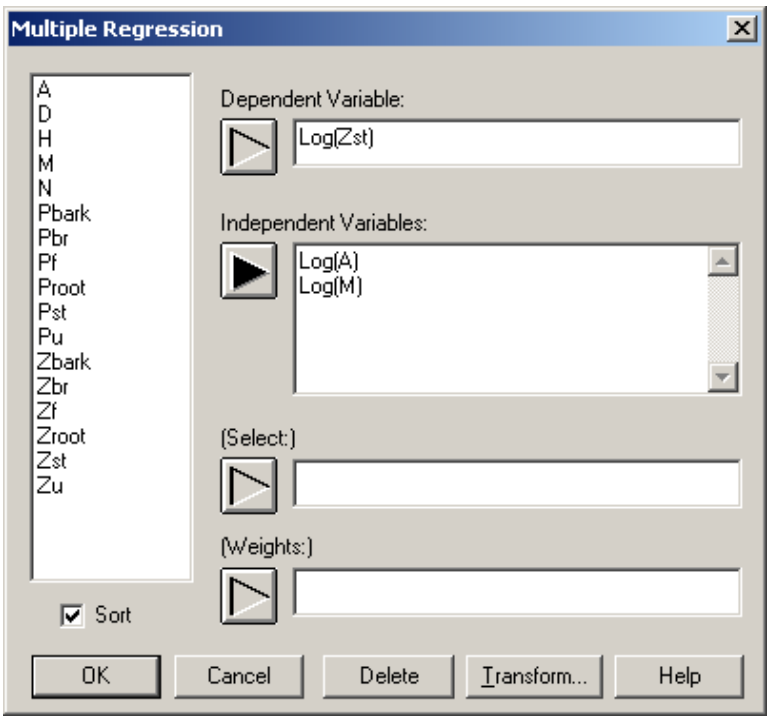
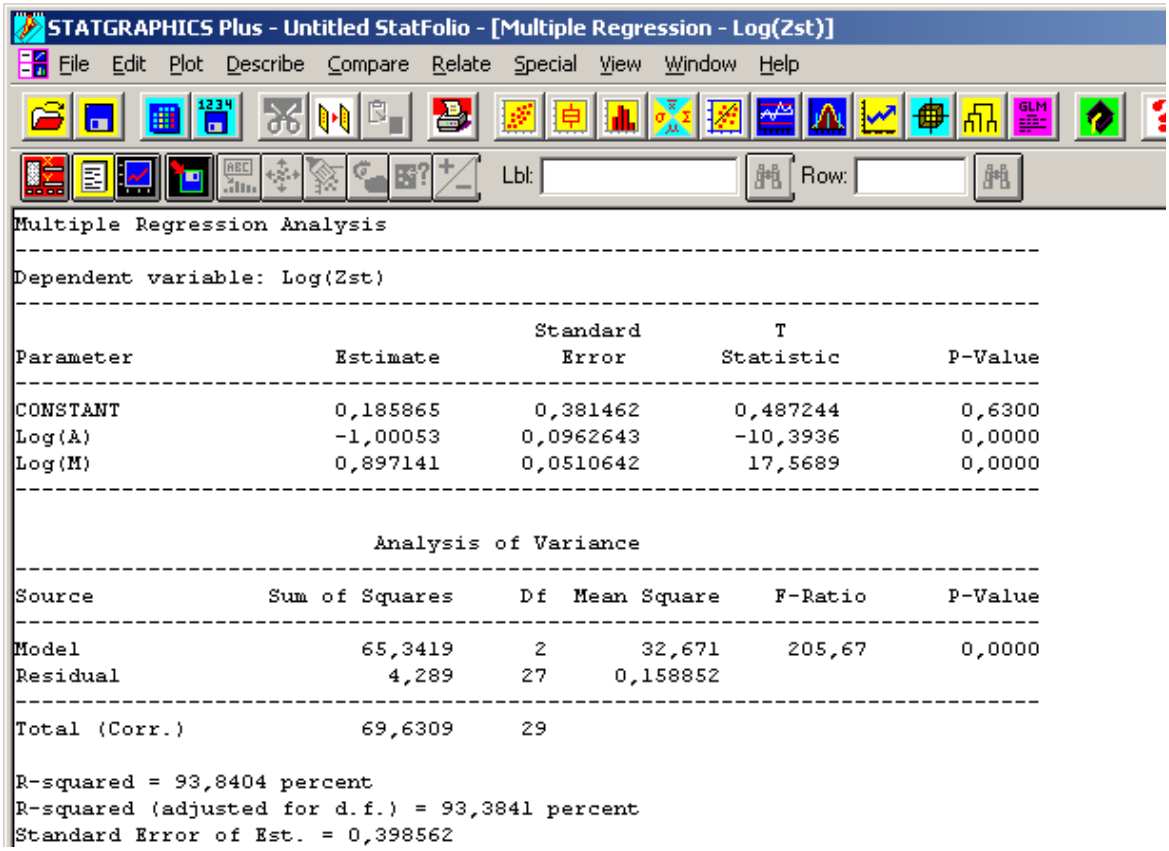


Рис.2.4. Расчет КРУ при помощи множественной регрессии пакета STATGRAPHICS Plus



Multiple Regression Analysis

Dependent variable: Log(Zst)

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	0,185865	0,381462	0,487244	0,6300
Log(A)	-1,00053	0,0962643	-10,3936	0,0000
Log(M)	0,897141	0,0510642	17,5689	0,0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	65,3419	2	32,671	205,67	0,0000
Residual	4,289	27	0,158852		
Total (Corr.)	69,6309	29			

R-squared = 93,8404 percent
R-squared (adjusted for d.f.) = 93,3841 percent
Standard Error of Est. = 0,398562

Рис. 2.5. Вывод результатов расчета КРУ в среде STATGRAPHICS Plus

Расчет КРУ при данном варианте реализации показан на рис. 2.4. На рис. 2.5. КРУ соответствуют следующим обозначениям: свободный член – переменная CONSTANT; параметр x1 – переменная Log(A); параметр x2 – переменная Log(M).

При более детальном анализе данного варианта реализации на возможность применения для реализации системы в рамках территориального охвата УрФО были выявлены следующие недостатки:

1. Невозможен полностью автоматический расчет ИЗ на основе КРУ.
2. Невозможен автоматический пересчет КРУ при изменении ИД.
3. Невозможен автоматический пересчет ИЗ при изменении КРУ.
4. Невозможен автоматический отброс переменных.

Принимая во внимание вышеизложенные недостатки, был сделан вывод о невозможности создания полностью автоматизированной аналитической системы средствами пакета Statgraphics Plus.

2 вариант.

Следующий вариант реализации был выявлен в процессе поиска среды, в которой бы имелась возможность реализации автоматического пересчета ИЗ и КРУ при изменении ИД. Было решено попробовать реализовать аналитический блок в среде табличного редактора MS EXCEL с дальнейшей транспортировкой результатов в последовательный текстовый файл (рис. 2.6).

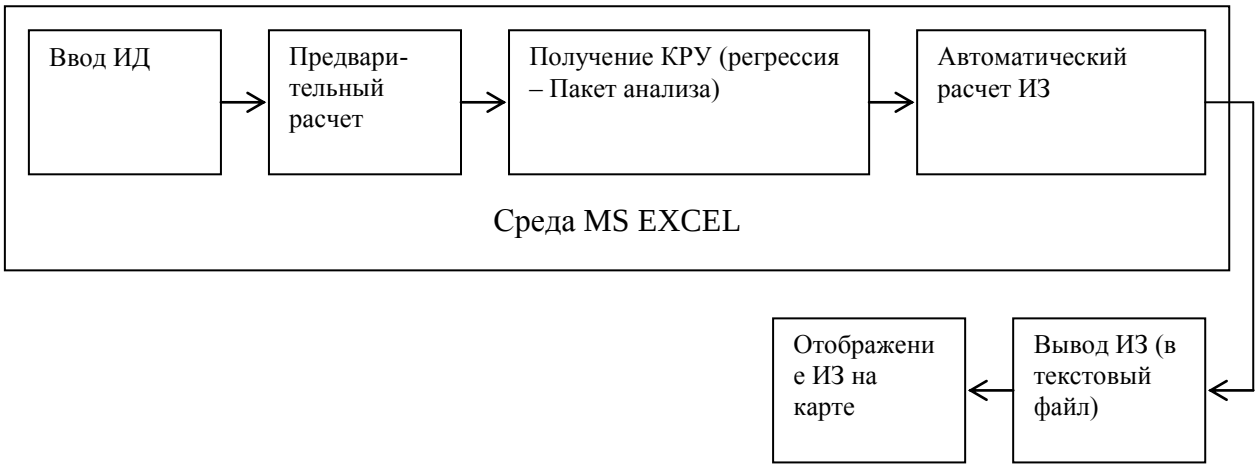


Рис. 2.6. Схема реализации аналитического блока системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала (2 вариант)

Расчет КРУ предполагалось осуществлять при помощи инструмента «Регрессия» Пакета анализа MS EXCEL (рис. 2.7). Результаты расчета выводятся на новый лист (рис. 2.8).

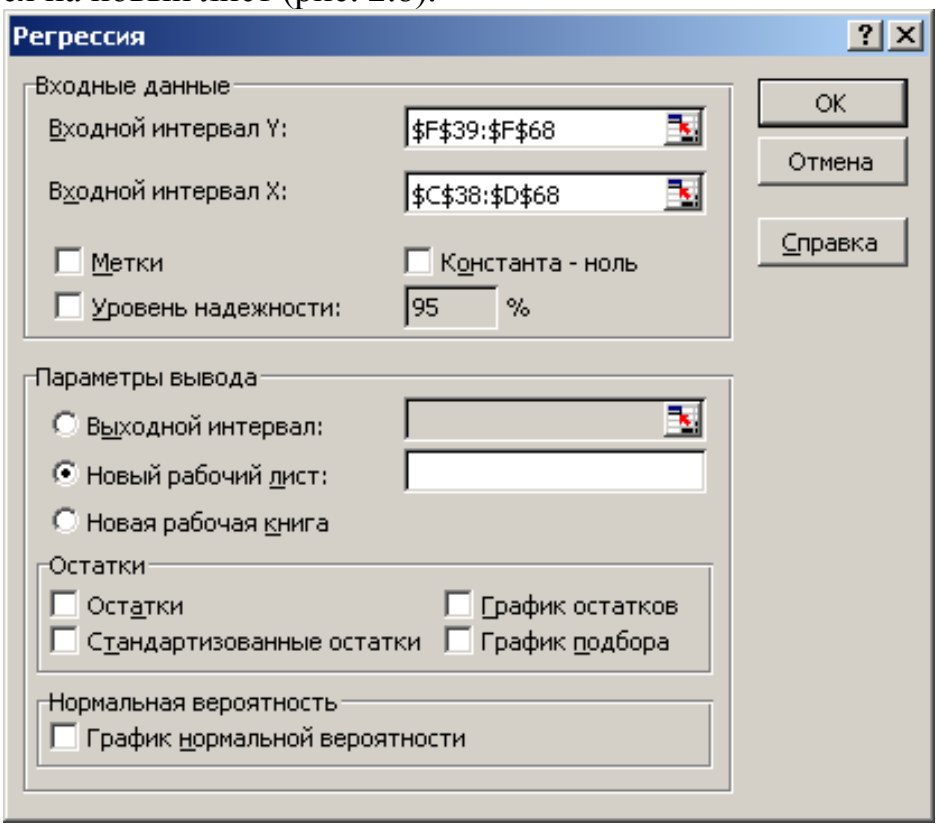


Рис. 2.7. Расчет КРУ при помощи множественной регрессии Пакета анализа MS EXCEL

Microsoft Excel - Ural1

B17 = 0,185865106479595

	A	B	C	D	E
1	ВЫВОД ИТОГОВ				
2					
3	*Регрессионная статистика*				
4	Множественный R	0,968712457			
5	R-квадрат	0,938403824			
6	Нормированный R-квадрат	0,933841145			
7	Стандартная ошибка	0,398562092			
8	Наблюдения	30			
9					
10	Дисперсионный анализ				
11		*df*	*SS*	*MS*	*F*
12	Регрессия	2	65,34190065	32,67095033	205,6694506
13	Остаток	27	4,288997011	0,158851741	
14	Итого	29	69,63089766		
15					
16		*Коэффициенты*	*Стандартная ошибка*	*t-статистика*	*P-Значение*
17	Y-пересечение	0,185865106	0,381462083	0,487243988	0,630018043
18	Переменная X 1	-1,000532923	0,096264326	-10,39360022	6,16235E-11
19	Переменная X 2	0,897140691	0,051064161	17,56889128	2,64733E-16

Лист1 / Лист8 / Лист9 / Береза / Лист2 / Лист3

Готово | Сумма=0,082472874 | NUM

Рис. 2.8. Результаты расчета КРУ

Данный вариант имеет следующие преимущества по сравнению с 1-м вариантом:

1. Возможен автоматический пересчет итоговых значений при изменении КРУ.

2. Возможен автоматический отброс переменных (на основе значений t-критерия).

Однако остаются и недостатки:

1. Невозможен полностью автоматический пересчет КРУ при изменении ИД, т.к. для запуска инструмента «Регрессия» для пересчета коэффициентов расчетных уравнений необходимо участие человека.

2. Невозможно исключить участия человека на этапе транспортировки результатов в последовательный текстовый файл для дальнейшей передачи в среду отображения на карте.

3. MS EXCEL не функционирует в условиях распределенной среды.

Принимая во внимание выявленные недостатки, было решено продолжить поиск новых вариантов для реализации аналитического блока.

3 вариант.

На 3-м этапе для ликвидации недостатков было решено использовать средства СУБД ADABAS и Natural, позволяющие решать широкий спектр задач автоматизации. Однако, учитывая, что в рамках данной среды отсутствуют готовые пакеты статистического анализа, предполагалось проведение расчета средствами MS EXCEL с дальнейшей транспортировкой результатов в ADABAS. реализации аналитического блока отображена на рис. 2.9.

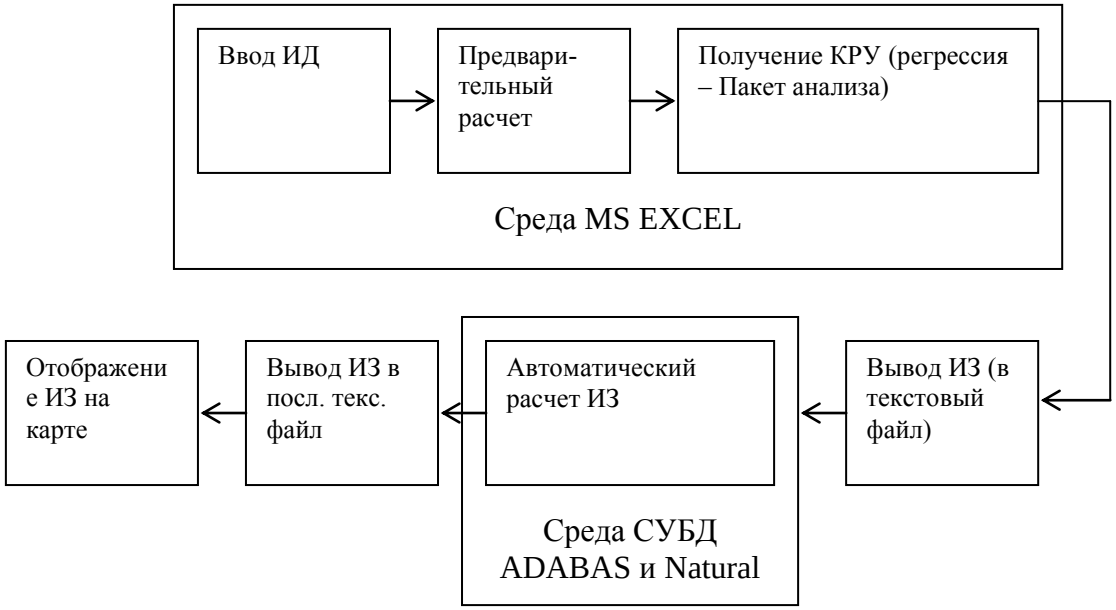


Рис. 2.9. Схема реализации аналитического блока системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала (3 вариант)

Расчет КРУ осуществляется при помощи инструмента «Регрессия» Пакета анализа MS EXCEL (рис. 2.7). Результаты транспортируются в среду ADABAS и Natural, в которой осуществляется дальнейший расчет ИЗ (рис 2.10).

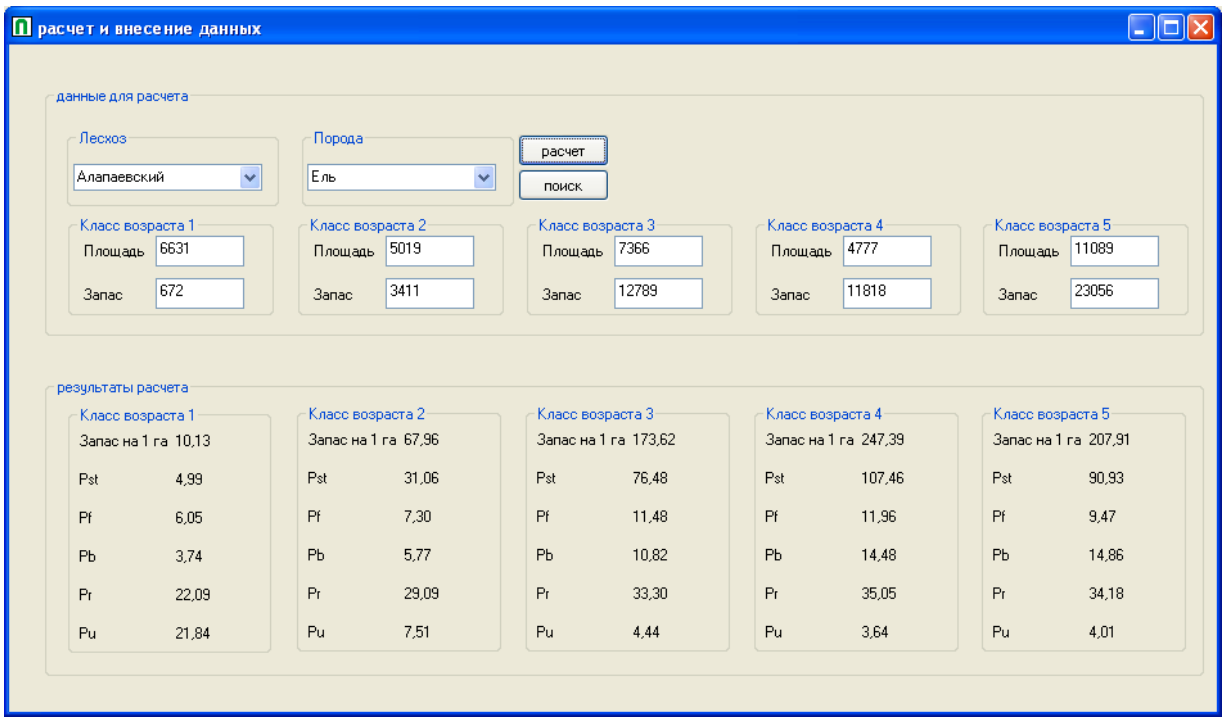


Рис. 2.10. Расчет ИЗ в среде ADABAS и Natural

Данный вариант имеет следующие преимущества:

1. Возможен автоматический пересчет итоговых значений при изменении КРУ.
2. Возможен автоматический отброс переменных (на основе значений t-критерия).
3. СУБД ADABAS функционирует в условиях распределенной среды.

Тем не менее, также остаются и недостатки:

1. По-прежнему невозможен полностью автоматический пересчет КРУ при изменении ИД в MS EXCEL, т.к. для этого необходимо участие человека.
2. Данный вариант требует активного участия человека на этапе транспортировки результатов в последовательный текстовый файл для передачи в среду ADABAS и Natural для обработки, и этапе дальнейшей передачи для отображения на карте.

Данный вариант реализации аналитического блока имеет право на существование, но в рамках реализации информационной системы по УрФО, было решено продолжить поиск вариантов.

4 вариант.

На данном этапе работ, основной целью было положено реализация полностью автоматического расчета и пересчета КРУ. Было решено отказаться от средств MS EXCEL, вследствие чего встала необходимость реализации алгоритма расчета множественных регрессионных уравнений

в среде ADABAS. Предполагалась следующая схема реализации аналитического блока (рис. 2.11).

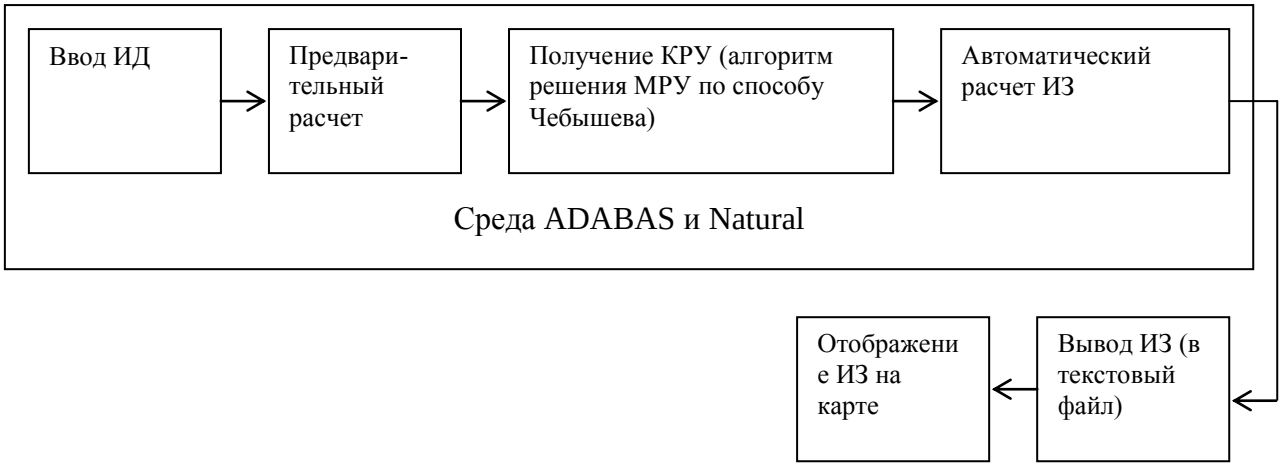


Рис. 2.11. Схема реализации аналитического блока системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала (4 вариант)

Для получения КРУ было решено использовать способ Чебышева.

Данный вариант реализации аналитического блока системы имеет следующие преимущества:

1. Возможен автоматический пересчет итоговых значений при изменении КРУ.
2. Возможен автоматический отброс переменных (на основе значений t-критерия).
3. СУБД ADABAS функционирует в условиях распределенной среды.
4. Возможен полностью автоматический пересчет КРУ при изменении исходных данных, а также автоматический пересчет всех ранее сохраненных итоговых значений.
5. Реализуется вывод итоговых значений в последовательный текстовый файл для отображения на интерактивной карте.

Однако имеется один недостаток:

1. На этапе передачи итоговых значений для отображения на карте требуется участие человека для загрузки значений из текстового файла в среду отображения.

На основе перечисленных преимуществ и недостатков было принято решение оставить данный вариант в качестве базового, и в дальнейшем попытаться средствами ADABAS и Natural полностью исключить участие человека при передаче итоговых значений.

5 вариант.

На данном этапе работ, основной целью ставится поиск в среде ADABAS и Natural средств для реализации автоматической передачи ИЗ в среду отображения. От среды отображения результатов на карте выбор средств для реализации в рамках ADABAS и Natural зависит очень во многом. Предполагаемая схема реализации аналитического блока показана на рис. 12.

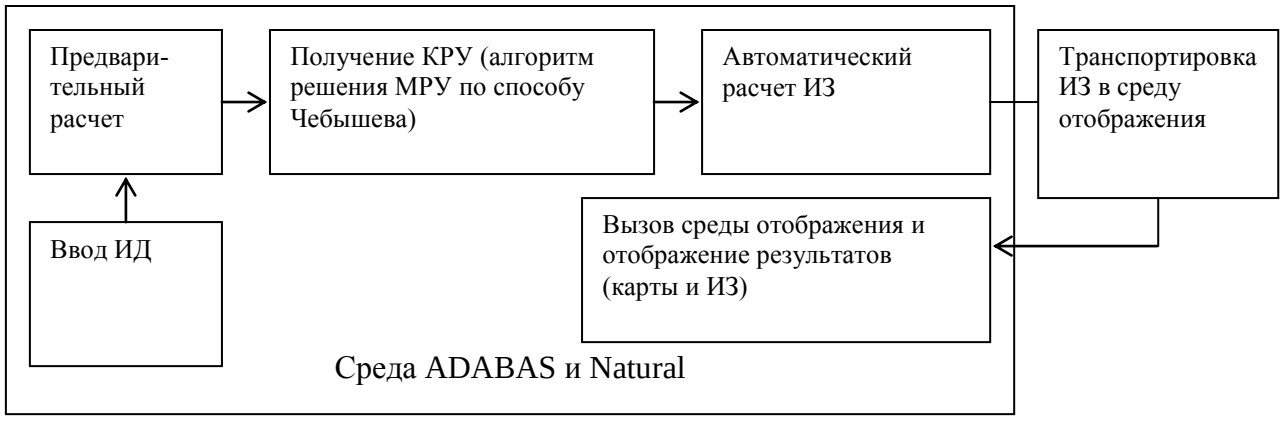


Рис. 2.12. Схема реализации аналитического блока системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала (5 вариант)

2.4.3. Обоснование выбора ГИС для отображения результатов

В настоящее время на рынке существует множество ГИС систем, обладающих различными системными возможностями и имеющих разную стоимость: от самых простых и недорогих, выполняющих минимальное количество функций, до профессиональных, многофункциональных ГИС, стоимость которых доходит до 1000000 рублей (ArcGis).

Вот некоторые, имеющиеся на рынке, ГИС: MapInfo, Карта 2008, CREDO ТОПОПЛАН, PHOTOMOD GeoMosaic, ArcGis, и другие.

В рамках работы над информационной системой пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Уральского Федерального Округа был осуществлен выбор ГИС Карта 2008. Критериями для выбора стали:

- перечень минимально необходимых функций для отображения значений фитомассы и приростов фитомассы по породам для каждого лесничества;
- возможность транспортировки данных из среды СУБД ADABAS и Natural;
- минимальная стоимость ГИС.

Из всех перечисленных ГИС Карта 2008 имеет минимальную цену, и обладает всеми необходимыми функциями для отображения результатов на карте.

В дальнейшем (например, при расширении территориального охвата информационной системы до масштабов страны или континента; для дополнительного отображения на карте рельефа, типов почвы, климата и т.д.), если возможностей ГИС Карта 2008 окажется недостаточно, ее можно будет заменить более функциональной, и, как следствие, более дорогой ГИС. При этом концепция, структура, элементы и взаимосвязи информационной системы (в т.ч. ее аналитического блока) остаются неизменными, а рассчитываемые системой значения фитомассы и приростов фитомассы транспортируются в новую ГИС.

2.5. Реализация автоматизированной информационной системы пространственного анализа

2.5.1. Базы данных информационной системы

Базы данных реализуются в среде СУБД ADABAS. В таблицах 2.4-2.7 каждый элемент БД (поле) имеет характеристики:

1, A1, 20, A, DE, где

1 – номер уровня идентификатора;

A1 – наименование идентификатора (всегда двухбайтное);

20 – длина идентификатора (в байтах);

A – формат (A – алфавитно-цифровой; U – числовой, упакованный);

DE – наличие данной характеристики указывает, что данное поле является поисковым, т.е. дескриптором.

2.5.1.1. Структура и функциональные характеристики баз данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы

Базы данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы содержат одинаковое количество элементов (полей), обладающих идентичными характеристиками, что позволяет построить одинаковые структуры этих баз. Структура базы данных значений фитомассы показана в таблице 2.4. Структура базы данных значений приростов фитомассы идентична структуре, представленной в табл.4, с единственной разницей – «фитомасса» заменяется на «прирост фитомассы» (см. элементы № 18-42 табл. 2.4).

Таблица 2.4

Структура баз данных значений фитомассы и приростов фитомассы

№	Элемент (поле)	Описание
1	1 , A1, 50, A, DE	Название лесхоза
2	1 , A2, 20, A, DE	Название породы
3	1 , B1, 10, U, DE	Площадь, занимаемая 1-м классом возраста данной породы, га
4	1 , B2, 10, U, DE	Площадь, занимаемая 2-м классом возраста данной породы, га

5	1 , B3, 10, U, DE	Площадь, занимаемая 3-м классом возраста данной породы, га
6	1 , B4, 10, U, DE	Площадь, занимаемая 4-м классом возраста данной породы, га
7	1 , B5, 10, U, DE	Площадь, занимаемая 5-м классом возраста данной породы, га
8	1 , C1, 10, U, DE	Запас 1-го класса возраста данной породы, $м^3$
9	1 , C2, 10, U, DE	Запас 2-го класса возраста данной породы, $м^3$
10	1 , C3, 10, U, DE	Запас 3-го класса возраста данной породы, $м^3$
11	1 , C4, 10, U, DE	Запас 4-го класса возраста данной породы, $м^3$
12	1 , C5, 10, U, DE	Запас 5-го класса возраста данной породы, $м^3$
13	1 , D1, 10, U	Запас 1-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади, $м^3$/га
14	1 , D2, 10, U	Запас 2-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади, $м^3$/га
15	1 , D3, 10, U	Запас 3-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади, $м^3$/га
16	1 , D4, 10, U	Запас 4-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади, $м^3$/га
17	1 , D5, 10, U	Запас 5-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади, $м^3$/га
18	1 , F1, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) стволов 1-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_{st}), т/га
19	1 , F2, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) стволов 2-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_{st}), т/га
20	1 , F3, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) стволов 3-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_{st}), т/га
21	1 , F4, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) стволов 4-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_{st}), т/га
22	1 , F5, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) стволов 5-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_{st}), т/га
23	1 , G1, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) листвы 1-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_f), т/га
24	1 , G2, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) листвы 2-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_f), т/га
25	1 , G3, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) листвы 3-го класса возраста данной породы на единицу

		занимаемой площади (P_f), т/га
26	1 , G4, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) листвы 4-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_f), т/га
27	1 , G5, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) листвы 5-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_f), т/га
28	1 , H1, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) ветвей 1-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_b), т/га
29	1 , H2, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) ветвей 2-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_b), т/га
30	1 , H3, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) ветвей 3-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_b), т/га
31	1 , H4, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) ветвей 4-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_b), т/га
32	1 , H5, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) ветвей 5-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_b), т/га
33	1 , I1, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) корней 1-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_r), т/га
34	1 , I2, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) корней 2-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_r), т/га
35	1 , I3, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) корней 3-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_r), т/га
36	1 , I4, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) корней 4-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_r), т/га
37	1 , I5, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) корней 5-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_r), т/га
38	1 , J1, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) нижних ярусов 1-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_u), т/га
39	1 , J2, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) нижних ярусов 2-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_u), т/га
40	1 , J3, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) нижних ярусов

		3-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_u), т/га
41	1 , J4, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) нижних ярусов 4-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_u), т/га
42	1 , J5, 10, U	Фитомасса (прирост фитомассы) нижних ярусов 5-го класса возраста данной породы на единицу занимаемой площади (P_u), т/га

Основные характеристики вышеописанной структуры баз данных:
Кол-во записей в БД –до 2500 записей;
Размер БД – от 175 до 300 кбайт;
Время запроса на выборку - 0,1 с;
Время запроса на подсчет количества записей – 0,05 с;
Время на чтение всех записей в БД – от 0,4 до 0,45 с.

2.5.1.2. Структура и функциональные характеристики баз данных значений пробных площадей

Для каждой из 10 пород (береза, ель, кедр, липа, лиственница, ольха серая, ольха черная, осина, пихта и сосна) создана БД, структура которой показана в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Структура баз данных значений пробных площадей

№	Элемент (поле)	Описание
1	1 , A1, 3, U, DE	Возраст, лет
2	1 , A2, 5, U, DE	Количество, тыс.экз/га
3	1 , A3, 5, U, DE	Диаметр, см
4	1 , A4, 5, U, DE	Высота ствола, м
5	1 , A5, 6, U, DE	Запас ствола, м^3/га
6	1 , B1, 6, U, DE	Фитомасса ствола (P_{st}), т/га
7	1 , B2, 5, U, DE	Фитомасса коры (P_{bark}), т/га
8	1 , B3, 5, U, DE	Фитомасса ветвей (P_b), т/га
9	1 , B4, 5, U, DE	Фитомасса листвы (P_f), т/га
10	1 , B5, 5, U, DE	Фитомасса корней (P_r), т/га
11	1 , B6, 5, U, DE	Фитомасса нижних ярусов (P_u), т/га
12	1 , C1, 4, U, DE	Прирост фитомассы ствола (Z_{st}), т/га
13	1 , C2, 4, U, DE	Прирост фитомассы коры (Z_{bark}), т/га
14	1 , C3, 4, U, DE	Прирост фитомассы ветвей (Z_b), т/га
15	1 , C4, 4, U, DE	Прирост фитомассы листвы (Z_f), т/га
16	1 , C5, 4, U, DE	Прирост фитомассы корней (Z_r), т/га
17	1 , C6, 4, U, DE	Прирост фитомассы нижних ярусов (Z_u), т/га

Основные характеристики вышеописанной структуры баз данных:
Кол-во записей в БД – до 100 записей;
Размер БД – от 8 до 20 кбайт;
Время запроса на выборку - 0,1 с;
Время запроса на подсчет количества записей – 0,05 с;
Время на чтение всех записей в БД – от 0,1 до 0,15 с.

2.5.1.3. Структура и функциональные характеристики баз данных коэффициентов расчетных уравнений

Структура базы данных значений КРУ фитомассы показана в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Структура базы данных значений коэффициентов расчетных уравнений фитомассы

№	Элемент (поле)	Описание
1	1 , N1, 20, A, DE	Название породы
2	1 , A1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета фитомассы стволов (P_{st})
3	1 , A2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета фитомассы стволов (P_{st})
4	1 , A3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета фитомассы стволов (P_{st})
5	1 , A4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета фитомассы стволов (P_{st})
6	1 , A5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета фитомассы стволов (P_{st})
7	1 , G1, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы стволов
8	1 , G2, 5, U	SE – стандартная ошибка
9	1 , B1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета фитомассы ветвей (P_b)
10	1 , B2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета фитомассы ветвей (P_b)
11	1 , B3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета фитомассы ветвей (P_b)
12	1 , B4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета фитомассы ветвей (P_b)
13	1 , B5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета фитомассы ветвей (P_b)
14	1 , G3, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы ветвей
15	1 , G4, 5, U	SE - стандартная ошибка

16	1 , C1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета фитомассы листвы (P_f)
17	1 , C2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета фитомассы листвы (P_f)
18	1 , C3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета фитомассы листвы (P_f)
19	1 , C4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета фитомассы листвы (P_f)
20	1 , C5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета фитомассы листвы (P_f)
21	1 , G5, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы листвы
22	1 , G6, 5, U	SE - стандартная ошибка
23	1 , D1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета фитомассы корней (P_r)
24	1 , D2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета фитомассы корней (P_r)
25	1 , D3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета фитомассы корней (P_r)
26	1 , D4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета фитомассы корней (P_r)
27	1 , D5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета фитомассы корней (P_r)
28	1 , G7, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы корней
29	1 , G8, 5, U	SE - стандартная ошибка
30	1 , F1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета фитомассы нижних ярусов (P_u)
31	1 , F2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета фитомассы нижних ярусов (P_u)
32	1 , F3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета фитомассы нижних ярусов (P_u)
33	1 , F4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета фитомассы нижних ярусов (P_u)
34	1 , F5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета фитомассы нижних ярусов (P_u)
35	1 , G9, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы нижних ярусов
36	1 , GG, 5, U	SE - стандартная ошибка

Основные характеристики вышеописанной структуры баз данных:
Кол-во записей в БД – 10 записей;
Размер БД – 4 кбайт;
Время запроса на выборку - 0,05 с;

Время запроса на подсчет количества записей – 0,05 с;
Время на чтение всех записей в БД – 0,1 с.

Структура базы данных значений КРУ приростов фитомассы показана в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Структура базы данных значений коэффициентов расчетных уравнений приростов фитомассы

№	Элемент (поле)	Описание
1	1 , N1, 20, A, DE	Название породы
2	1 , A1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета прироста фитомассы стволов (P_{st})
3	1 , A2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета прироста фитомассы стволов (P_{st})
4	1 , A3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета прироста фитомассы стволов (P_{st})
5	1 , A4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета прироста фитомассы стволов (P_{st})
6	1 , A5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета прироста фитомассы стволов (P_{st})
7	1 , A6, 7, U	Коэффициент при X_6 (a_5) для уравнения расчета прироста фитомассы стволов (P_{st})
8	1 , G1, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы стволов
9	1 , G2, 5, U	SE - стандартная ошибка
10	1 , B1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета прироста фитомассы ветвей (P_b)
11	1 , B2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета прироста фитомассы ветвей (P_b)
12	1 , B3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета прироста фитомассы ветвей (P_b)
13	1 , B4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета прироста фитомассы ветвей (P_b)
14	1 , B5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета прироста фитомассы ветвей (P_b)
15	1 , B6, 7, U	Коэффициент при X_6 (a_5) для уравнения расчета прироста фитомассы ветвей (P_b)
16	1 , G3, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы ветвей
17	1 , G4, 5, U	SE - стандартная ошибка
18	1 , C1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета прироста фитомассы листвы (P_f)
19	1 , C2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета прироста фитомассы листвы (P_f)

20	1 , C3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета прироста фитомассы листвы (P_f)
21	1 , C4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета прироста фитомассы листвы (P_f)
22	1 , C5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета прироста фитомассы листвы (P_f)
23	1 , C6, 7, U	Коэффициент при X_6 (a_5) для уравнения расчета прироста фитомассы листвы (P_f)
24	1 , G5, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы листвы
25	1 , G6, 5, U	SE - стандартная ошибка
26	1 , D1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета прироста фитомассы корней (P_r)
27	1 , D2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета прироста фитомассы корней (P_r)
28	1 , D3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета прироста фитомассы корней (P_r)
29	1 , D4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета прироста фитомассы корней (P_r)
30	1 , D5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета прироста фитомассы корней (P_r)
31	1 , D6, 7, U	Коэффициент при X_6 (a_5) для уравнения расчета прироста фитомассы корней (P_r)
32	1 , G7, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы корней
33	1 , G8, 5, U	SE - стандартная ошибка
34	1 , F1, 7, U	Свободный член (a) для уравнения расчета прироста фитомассы нижних ярусов (P_u)
35	1 , F2, 7, U	Коэффициент при X_2 (a_1) для уравнения расчета прироста фитомассы нижних ярусов (P_u)
36	1 , F3, 7, U	Коэффициент при X_3 (a_2) для уравнения расчета прироста фитомассы нижних ярусов (P_u)
37	1 , F4, 7, U	Коэффициент при X_4 (a_3) для уравнения расчета прироста фитомассы нижних ярусов (P_u)
38	1 , F5, 7, U	Коэффициент при X_5 (a_4) для уравнения расчета прироста фитомассы нижних ярусов (P_u)
39	1 , F6, 7, U	Коэффициент при X_6 (a_5) для уравнения расчета прироста фитомассы нижних ярусов (P_u)
40	1 , G9, 5, U	R^2 для уравнения расчета фитомассы

		нижних ярусов
41	1 , GG, 5, U	SE - стандартная ошибка

Основные характеристики вышеописанной структуры баз данных:
Кол-во записей в БД – 10 записей;
Размер БД – 5 кбайт;
Время запроса на выборку - 0,05 с;
Время запроса на подсчет количества записей – 0,05 с;
Время на чтение всех записей в БД – 0,1 с.

2.5.2. Программы взаимодействия с базами данных информационной системы

Все программы реализованы в среде Natural 6.1.1.

2.5.2.1. Перечень, характеристики и реализация основных запросов к базам данных

Перечень и характеристики запросов к базам данных представлены в таблице 2.8. В таблице 2.8 Функции Приложений, отчеты, и рабочие файлы, вызывающие запросы, соответствуют названиям Функциям Приложений, отчетов, и рабочих файлов на рис. 2.2. Названия Функций Приложений соответствуют столбцу Функции Приложения таблицы 2.11. Запросы реализованы в виде программных кодов, которые представлены в Приложении 1. Ссылки на соответствующие разделы Приложения 1 представлены в столбце «Дополнения» таблицы 2.8.

Таблица 2.8

Перечень и характеристики запросов к базам данных

№	Описание запроса	Элементы БД (поля)	Время запроса, с	Функции Приложений, отчеты, и рабочие файлы, использующие запрос, или формируемые запросом	Дополнения
Запросы к Базам данных значений пробных площадей (таблица 2.5)					
1	Запрос считывает все значения всех элементов БД (размером до 20 кбайт).	Все элементы БД.	0,1	Просмотр данных и Изменение данных	Вызывается Приложением №1 табл. 2.11 (рис. 2.18). Программный код представлен в *Приложении 1* п.1.1.
2	Запрос выбирает все значения 1 элемента БД (до 3 кбайт).	1 из элементов: B1-B6 (для фитомассы); C1-C6 (для приростов).	0,05	Выбор зависимой переменной	Вызывается Приложением №2 табл. 2.11 (рис. 2.19). Программный код представлен в *Приложении 1* п.1.2.
3	Запрос выбирает все значения 1 элемента БД (до 3 кбайт).	1, 2, 3 или 4 из элементов: A1-A5, B1, B3, B4 (для фитомассы); A1-A5, B4-B6 (для приростов).	0,05	Выбор независимых переменной	Вызывается Приложением №3 табл. 2.11 (рис. 2.20). Программный код представлен в *Приложении 1* п.1.3.

Запросы к Базе данных значений КРУ фитомассы (таблица 2.6)					
4	Запрос на основе задаваемого значения N1 выбирает 1 значение элементов БД (до 1 кбайта).	A1-A5, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G9, GG	0,05	Просмотр данных и Изменение данных (в БД значений КРУ фитомассы); Внесение данных и Изменение данных для 1 лесничества (в БД значений фитомассы)	Вызывается Приложениями № 4, 7, 8 табл. 2.11 (рис. 2.21, 2.24, 2.25). Программный код представлен в *Приложении 1* п.2.1.
5	Запрос считывает все значения всех элементов БД (до 4 кбайт).	A1-A5, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G9, GG	0,1	Расчет данных всех лесничеств (в БД значений фитомассы)	Вызывается Расчетной программой №3 (табл. 2.12) Программный код представлен в *Приложении 1* п.2.2.
Запросы к Базе данных значений КРУ приростов фитомассы (таблица 2.7)					
6	Запрос на основе задаваемого значения N1 выбирает 1 значение элементов БД (до 1 кбайта).	A1-A6, B1-B6, C1-C6, D1-D6, F1-F6, G1-G9, GG	0,05	Просмотр и Изменение данных; Внесение данных и Изменение данных для 1 лесничества (в БД значений	Вызывается Приложением №5, 10, 11 табл. 2.11 (рис. 2.22). Программный код представлен в *Приложении 1* п.3.1.

				приростов фитомассы)	
7	Запрос считывает все значения всех элементов БД (до 5 кбайт).	A1-A6, B1-B6, C1-C6, D1-D6, F1-F6, G1-G9, GG	0,1	Расчет данных всех лесничеств (в БД значений приростов фитомассы)	Вызывается Расчетной программой №4 (табл. 2.12) Программный Программный код представлен в *Приложении 1* п.3.2.
Запросы к Базам данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы (таблица 2.4)					
8	Запрос на основе задаваемых значений A1, A2 и класса возраста выбирает 1 значение 1 набора элементов БД (до 1 кбайта).	Один из 5 наборов элементов: {B1, C1, D1, F1, G1, H1, I1, J1}; {B2, C2, D2, F2, G2, H2, I2, J2}; {B3, C3, D3, F3, G3, H3, I3, J3}; {B4, C4, D4, F4, G4, H4, I4, J4}; {B5, C5, D5, F5, G5, H5, I5, J5}.	0,1	Просмотр данных	Вызывается Приложением № 6, 9 табл. 2.11 (рис. 2.23, 2.26). Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.1.
9	Запрос на основе задаваемого значения A1 выбирает все	Σ(F1, F2, F3, F4, F5), Σ(G1,G2,G3,G4,G5), Σ(H1,H2,H3,H4,H5), Σ(I1, I2, I3, I4, I5),	0,15	Отчет по породам для 1 лесничества	Формирует Отчет по породам для одного лесничества (рис. 2.31). Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.2.

	значения элементов БД и суммирует их (до 4 кбайт).	Σ(J1, J2, J3, J4, J5).			
10	Запрос на основе задаваемых значений A1 и A2 выбирает 1 значение элементов БД (до 1 кбайта).	B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G5, H1-H5, I1-I5, J1-J5.	0,1	Отчет по возрастам для 1 лесничества	Формирует Отчет по возрастам для одного лесничества (рис. 2.33). Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.3.
11	Запрос на основе задаваемого значения A2 выбирает все значения элементов БД (до 30 кбайт).	Σ(C1,C2,C3,C4,C5), Σ(F1, F2, F3, F4, F5), Σ(G1,G2,G3,G4,G5), Σ(H1,H2,H3,H4,H5), Σ(I1, I2, I3, I4, I5), Σ(J1, J2, J3, J4, J5).	0,25	Отчет по 1 породе всех лесничеств	Формирует Отчет по одной породе всех лесничеств (рис. 2.35). Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.4.
12	Запрос на основе задаваемого значения A2 и класса возраста выбирает все значение 1 набора элементов БД (до 10 кбайт).	Один из 5 наборов элементов: {F1, G1, H1, I1, J1}; {F2, G2, H2, I2, J2}; {F3, G3, H3, I3, J1}; {F4, G4, H4, I4, J4}; {F5, G5, H5, I5, J5}.	0,2	Отчет по 1 возрасту всех лесничеств	Формирует Отчет по одному возрасту всех лесничеств (рис. 2.37). Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.5.
13	Запрос считывает все значения элементов БД и суммирует их по	Σ(C1,C2,C3,C4,C5), Σ(F1, F2, F3, F4, F5), Σ(G1,G2,G3,G4,G5), Σ(H1,H2,H3,H4,H5),	0,4	Отчет по всем породам всех лесничеств	Формирует Отчет по всем породам всех лесничеств (рис. 2.38). Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.6.

	всем записям с одинаковыми значениями A1 (до 300 кбайт).	Σ(I1, I2, I3, I4, I5), Σ(J1, J2, J3, J4, J5).			
14	Запрос считывает все значения элементов БД и суммирует их по всем записям с одинаковыми значениями A2 (до 300 кбайт).	B1-B5, C1-C5, D1-D5, Σ(F1,G1,H1,I1,J1), Σ(F2,G2,H2,I2,J2), Σ(F3,G3,H3,I3,J3), Σ(F4,G4,H4,I4,J4), Σ(F5,G5,H1,I5,J5).	0,45	Отчет по всем возрастам всех лесничеств	Формирует Отчет по всем возрастам всех лесничеств (рис. 2.39). Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.7.
15	Запрос считывает все значения элементов БД, суммирует все возрасты каждой фракции. Суммы возрастов суммируются по всем записям с одинаковыми значениями A1 (до 300 кбайт).	A1, A2, Σ(D1,D2,D3,D4,D5), Σ(F1, F2, F3, F4, F5), Σ(G1,G2,G3,G4,G5), Σ(H1,H2,H3,H4,H5), Σ(I1, I2, I3, I4, I5), Σ(J1, J2, J3, J4, J5), Σ[Σ(F1,F2,F3,F4,F5), Σ(G1,G2,G3,G4,G5), Σ(H1,H2,H3,H4,H5), Σ(I1, I2, I3, I4, I5), Σ(J1, J2, J3, J4, J5)].	0,45	Рабочий файл 3 и Рабочий файл 4	Формирует Рабочие файлы 3 и 4. Программный код представлен в *Приложении 1* п.4.8.

2.5.2.2. Перечень, характеристики и реализация программ проверки корректности вводимых данных и запросов к базам данных

Перечень и характеристики программ проверки корректности вводимых данных и запросов к БД представлены в таблице 2.9. В таблице 2.9 Функции Приложений, в которых исполняются программы проверки корректности, соответствуют названиям Функциям Приложений на рис. 2.2. Названия Функций Приложений соответствуют столбцу Функции Приложения таблицы 2.11. Программы проверки корректности реализованы в виде программных кодов, которые представлены в Приложении 2. Ссылки на соответствующие разделы Приложения 2 представлены в столбце «Характеристика» таблицы 2.9.

Таблица 2.9

Перечень и характеристики программ проверки корректности вводимых данных и запросов к БД

№	Наименование программы	Функции Приложений, исполняющие программу	Характеристика
1	Проверка уникальности вводимого значения	Внесение данных (в БД значений фитомассы); Внесение данных (в БД значений приростов фитомассы).	Исполняется во избежание дублирования данных, в случае, когда в БД (табл. 2.4) уже встречается комбинация значений введенных пользователем элементов А1 (название лесхоза) и А2 (порода). Выдается информационное сообщение (рис. 2.13). Программный код представлен в *Приложении 2* п.1.
2	Проверка наличия записи в БД	Изменение данных для одного лесничества (в БД значений фитомассы); Изменение данных для одного лесничества (в БД значений приростов фитомассы).	Исполняется во избежание внесения уникального значения при редактировании, в случае, когда комбинация значений введенных пользователем элементов А1 (название лесничества) и А2 (порода) является уникальной (табл. 2.4). Выдается информационное сообщение (рис. 14). Программный код представлен в *Приложении 2* п.2.
3	Корректировка в случае ввода нулевого значения критерия «площадь»	Внесение данных и Изменение данных для одного лесничества (в БД значений фитомассы); Внесение данных и Изменение данных для одного лесничества (в БД значений приростов фитомассы).	Исполняется во избежание расчетных ошибок, в случае, когда вводимые элементы В1-В5 равны нулю или пустые значения. Программный код представлен в *Приложении 2* п.3.
4	Проверка ввода допустимого	Выбор зависимой переменной и Выбор независимой переменной (в БД значений КРУ фитомассы);	Исполняется во избежание выбора чрезмерного количества переменных для уравнения, в случае, когда выбрано более 1 зависимой переменной, и более 4 (для

	количества переменных	Выбор зависимой переменной и Выбор независимой переменной (в БД значений КРУ приростов фитомассы).	уравнений фитомассы) или 5 (для уравнений приростов) независимых переменных. Выдается информационное сообщение (рис. 2.15). Программный код представлен в *Приложении 2* п.4.
5	Проверка числового формата вводимых данных	Просмотр и Изменение данных (в БД значений пробных площадей); Просмотр и Изменение данных (в БД значений КРУ фитомассы); Просмотр и Изменение данных (в БД значений КРУ приростов фитомассы); Внесение данных и Изменение данных для одного лесничества (в БД значений фитомассы); Внесение данных и Изменение данных для одного лесничества (в БД значений приростов фитомассы).	Исполняется во избежание некорректного ввода данных, в случае, когда элементы A1-A5, B1-B6, C1-C6 (табл. 5); A1-A5, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G9, GG (табл. 6); A1-A6, B1-B6, C1-C6, D1-D6, F1-F6, G1-G9, GG (табл. 2.7); B1-B5, C1-C5 (табл. 4) имеют нечисловой формат. Выдается информационное сообщение (рис. 16). Программный код представлен в *Приложении 2* п.5.

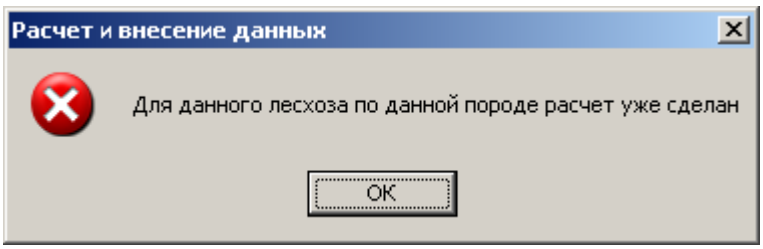


Рис. 2.13. Информационное сообщение, в случае, когда в БД (табл. 2.4) уже встречается комбинация значений введенных пользователем

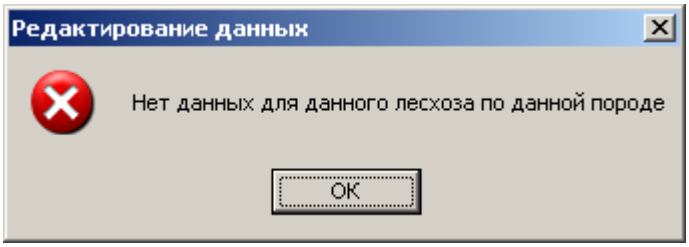


Рис. 2.14. Информационное сообщение, в случае, когда комбинация значений введенных пользователем является уникальной

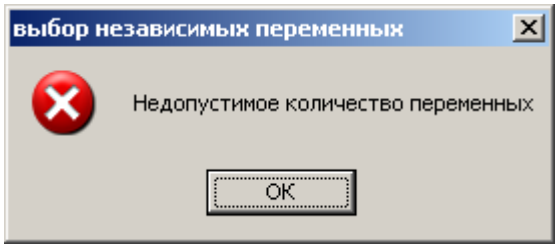


Рис. 2.15. Информационное сообщение, в случае, когда выбрано более одной зависимой переменной, и более 4 независимых переменных

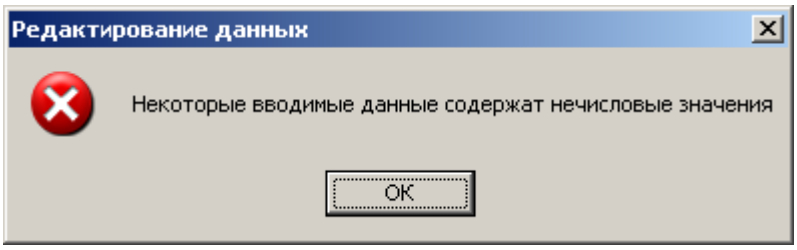


Рис. 2.16. Информационное сообщение, в случае, когда элементы БД имеют нечисловой формат

2.5.2.3. Перечень, характеристики и реализация программ записи и редактирования данных

Перечень и характеристики программ записи, редактирования и удаления данных представлены в таблице 2.10. В таблице 2.10 исполняющие Функции Приложений и Базы данных соответствуют названиям Приложений и Баз данных на рис. 2.2. Названия Функций Приложений соответствуют столбцу Функции Приложения таблицы 2.11. Программы реализованы в виде программных кодов на языке Natural и представлены в *Приложении 3*. Ссылки на соответствующие разделы *Приложения 3* представлены в столбце «Характеристика» таблицы 2.10.

Таблица 2.10

Перечень и характеристики программ записи и редактирования данных

№	Наименование программы	Функция Приложения или Расчетная программа	Время обработки	Характеристика
БД значений пробных площадей (таблица 2.5)				
1	Запись данных пробных площадей	Внесение данных	До 0,5 сек.	Производится 1 запись элементов A1-A5, B1-B6, C1-C6 (табл. 2.5). Программный код представлен в *Приложении 3* п.1.1.
2	Редактирование данных пробных площадей	Изменение данных	До 0,5 сек.	Производится изменение 1 записи элементов A1-A5, B1-B6, C1-C6 (табл. 1.5). Программный код представлен в *Приложении 3* п.1.2.
База данных значений КРУ фитомассы (таблица 2.6)				
3	Запись данных КРУ фитомассы	Внесение данных	До 0,5 сек	Производится 1 запись элементов A1-A5, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G9, GG (табл.6). Программный код представлен в *Приложении 3* п.2.1.
4	Редактирование данных КРУ приростов фитомассы	Изменение данных; Расчет КРУ фитомассы	До 0,5 сек.	Производится изменение 1 записи элементов A1-A5, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G9, GG (табл.6). Программный код представлен в *Приложении 3* п.2.2.
База данных значений КРУ приростов фитомассы (таблица 2.7)				
5	Запись данных КРУ приростов фитомассы	Внесение данных	До 0,5 сек	Производится 1 запись элементов A1-A6, B1-B6, C1-C6, D1-D6, F1-F6, G1-G9, GG (табл. 2.7). Программный код представлен в *Приложении 3* п 3.1.
6	Редактирование	Изменение	До 0,5 сек.	Производится изменение 1 записи элементов A1-A6, B1-B6,

	данных КРУ приростов фитомассы	данных; Расчет КРУ приростов		C1-C6, D1-D6, F1-F6, G1-G9, GG (табл. 2.7). Программный код представлен в *Приложении 3* п.3.2.
Базы данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы (таблица 2.4)				
7	Запись данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы	Внесение данных	До 0,5 сек	Производится 1 запись элементов A1, A2, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G5, H1-H5, I1-I5, J1-J5 (табл. 2.4). Программный код представлен в *Приложении 3* п.4.1.
8	Редактирование данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы	Изменение данных для 1 лесничества	До 0,5 сек	Производится изменение 1 записи элементов A1, A2, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G5, H1-H5, I1-I5, J1-J5 (табл. 2.4). Программный код представлен в *Приложении 3* п.4.2.
9	Редактирование всех значений фитомассы и всех значений приростов фитомассы	Расчет данных всех лесничеств	До 5 сек.	Производится изменение всех (до 2500) записей элементов A1, A2, B1-B5, C1-C5, D1-D5, F1-F5, G1-G5, H1-H5, I1-I5, J1-J5 (табл. 4). Программный код представлен в *Приложении 3* п.4.3.

2.5.3. Пользовательские приложения информационной системы

Вызов всех элементов информационной системы осуществляется из Главного управляющего приложения (рис. 2.17).

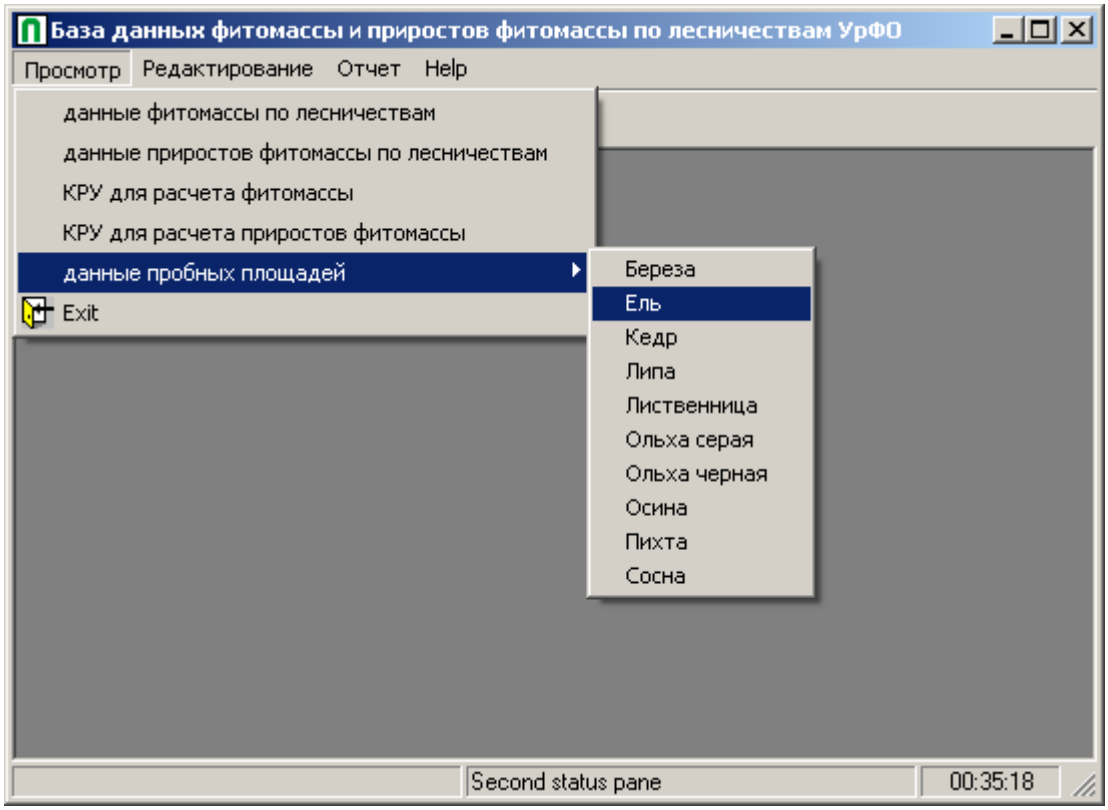


Рис. 2.17. Главное управляющее приложение

2.5.3.1. Администраторский блок

Перечень и характеристики управляющих Приложений, доступных для администраторов системы представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11

Перечень и характеристики управляющих Приложений

№	Приложение	Источники входных данных	Приемники выходных данных	Размер, кбайт	Функции Приложения (рис. 2.2)	Дополнения
1	Управление данными пробных площадей (рис. 2.18)	Запрос №1 (табл. 2.8).	Программы № 1, 2 (табл.10).	12,94	Просмотр данных, Изменение данных, Внесение данных	Включает программу корректировки №5 (табл. 2.9).
2	Выбор зависимой переменной для КРУ фитомассы (рис. 2.19)	Запрос №2 (табл. 2.8). Выбор переменной администр.	Приложение №3(табл. 2.11).	9,35	Выбор зависимой переменной	Включает программу корректировки №4 (табл. 2.9). Приложение Выбор зависимой переменной (для приростов) имеет вид (рис. 2.19)
3	Выбор независимой переменной для КРУ фитомассы (рис. 2.20)	Запрос №3 (табл. 2.8). Приложение №2(табл. 2.11).	Расчетные программы №1,2 (табл. 2.12)	20,67	Выбор независимой переменной	Включает программу корректировки №4 (табл. 2.9). Приложение Выбор независимой переменной (для приростов) имеет вид (рис. 2.20)
4	Управление данными КРУ для расчета фитомассы (рис. 2.21)	Запрос №4 (табл. 2.8).	Программы № 3, 4 (табл. 2.10).	53,93	Просмотр данных, Изменение данных,	Включает программу корректировки №5 (табл. 2.9).

					Внесение данных	
5	Управление данными КРУ для расчета приростов фитомассы (рис. 2.22)	Запрос №6 (табл. 2.8).	Программы № 5, 6 (табл. 2.10).	62,96	Просмотр данных, Изменение данных, Внесение данных	Включает программу корректировки №5 (табл. 2.9).
6	Поиск данных значений фитомассы (рис. 2.23).	Запрос №8 (табл. 2.8).	-	21,71	Просмотр данных	-
7	Расчет и внесение новых данных значений фитомассы для одного лесничества (рис. 2.24).	Запрос №4 (табл. 2.8).	Программа № 7 (табл. 2.10).	71,88	Внесение данных	Включает программы корректировки №1, 3 (табл. 2.9).
8	Изменение данных значений фитомассы для одного лесничества (рис. 2.25).	Запрос №4 (табл. 2.8).	Программа № 8 (табл. 2.10).	110,12	Изменение данных для одного лесничества	Включает программы корректировки №2, 3 (табл. 2.9).
9	Поиск данных значений приростов фитомассы (рис. 2.26).	Запрос №8 (табл. 2.8).	-	21,76	Просмотр данных	-
10	Расчет и внесение новых данных	Запрос №6 (табл. 2.8).	Программа № 7 (табл. 2.10).	71,89	Внесение данных	Включает программы корректировки №1, 3 (табл. 2.9).

	значений приростов фитомассы для одного лесничества (рис. 2.27).					
11	Изменение данных значений приростов фитомассы для одного лесничества (рис. 2.28).	Запрос №6 (табл. 2.8).	Программа № 8 (табл.10).	77,05	Изменение данных для одного лесничества	Не допускается изменение значений площадей и запаса. Включает программы корректировки №2, 3 (табл. 2.9).

Внесение и редактирование данных пробных площадей - береза

Возраст	тыс.экз/га	Диаметр, см	Высота, м	Запас, м3/га	Pst, т/га	Pbark, т/га	Pb, т/га	Pf, т/га
85	4650	4,500	3,500	14,800	7,390		1,580	0,350
75			7,500	79,400	39,700		6,680	1,720
20	12080	5,000	3,800	32,000	15,900		18,500	2,390
80	8,250	2,600	5,000	16,000	8,000		10,800	1,200
80	3,664	6,700	7,800	58,000	33,400	5,180	8,210	3,390
40	5,129	6,900	9,600	94,000	55,100	7,020	6,670	3,250
6				6,000	3,000		0,600	1,060
17	29,465	3,000	5,300	60,000	29,100		6,300	3,260
17	16,144	3,400	5,600	44,000	21,700		5,000	3,730
38	3,118	8,400	11,200	197,000	98,700		8,100	4,300
50			0,700	5,000	2,520			0,140
34	10,590	7,300	8,200	112,000	44,400	8,100	8,230	4,220
100	1,510	18,000	16,800	190,000	101,000		11,050	3,860
35	2,900	14,000	15,000	305,000	149,300		14,900	4,300
20	4,470	7,500	8,000	99,000	47,400		9,600	1,880
30	1,500	12,700	11,500	93,000	34,000		10,500	2,690
30	2,000	10,100	11,500	111,000	64,700		16,600	3,570

Рис. 2.18. Выбор зависимой переменной для расчета КРУ фитомассы

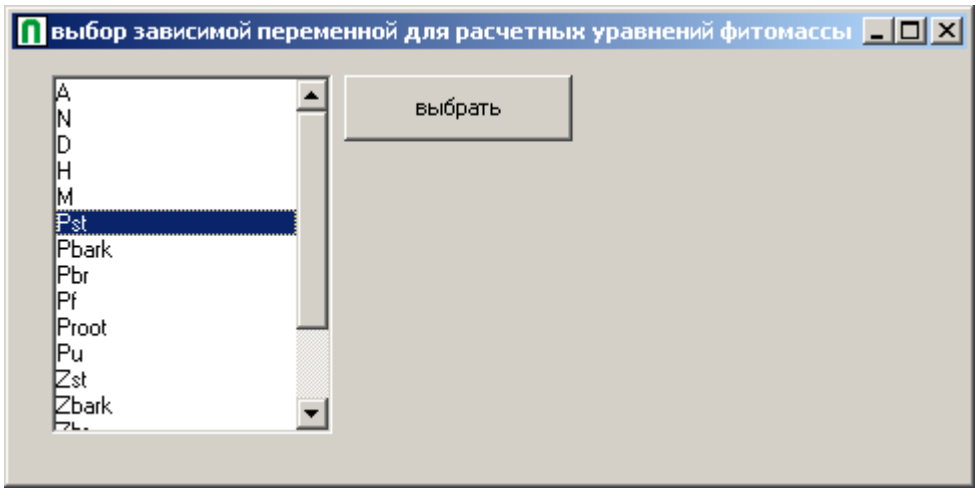


Рис. 2.19. Выбор зависимой переменной для расчета КРУ фитомассы

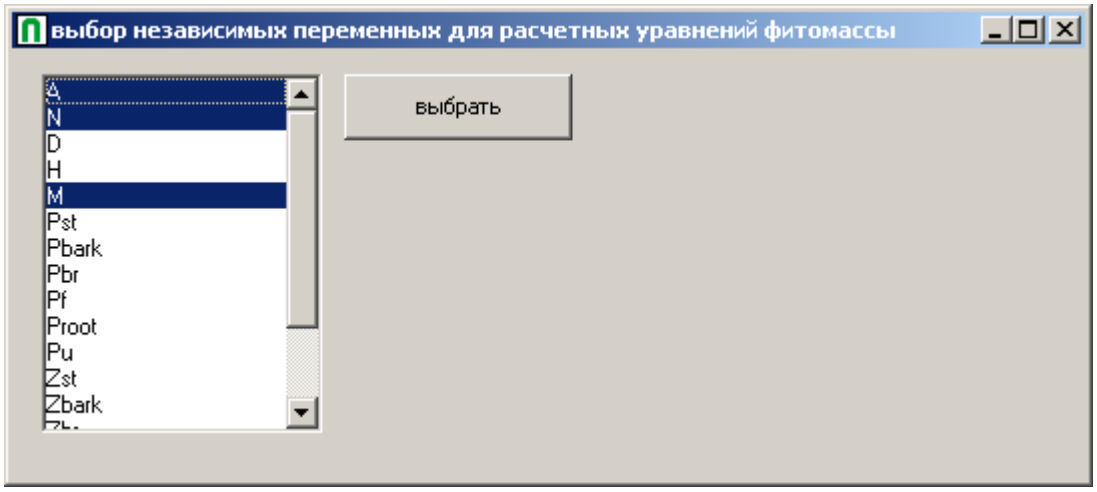


Рис. 2.20. Выбор независимой переменной для расчета КРУ фитомассы

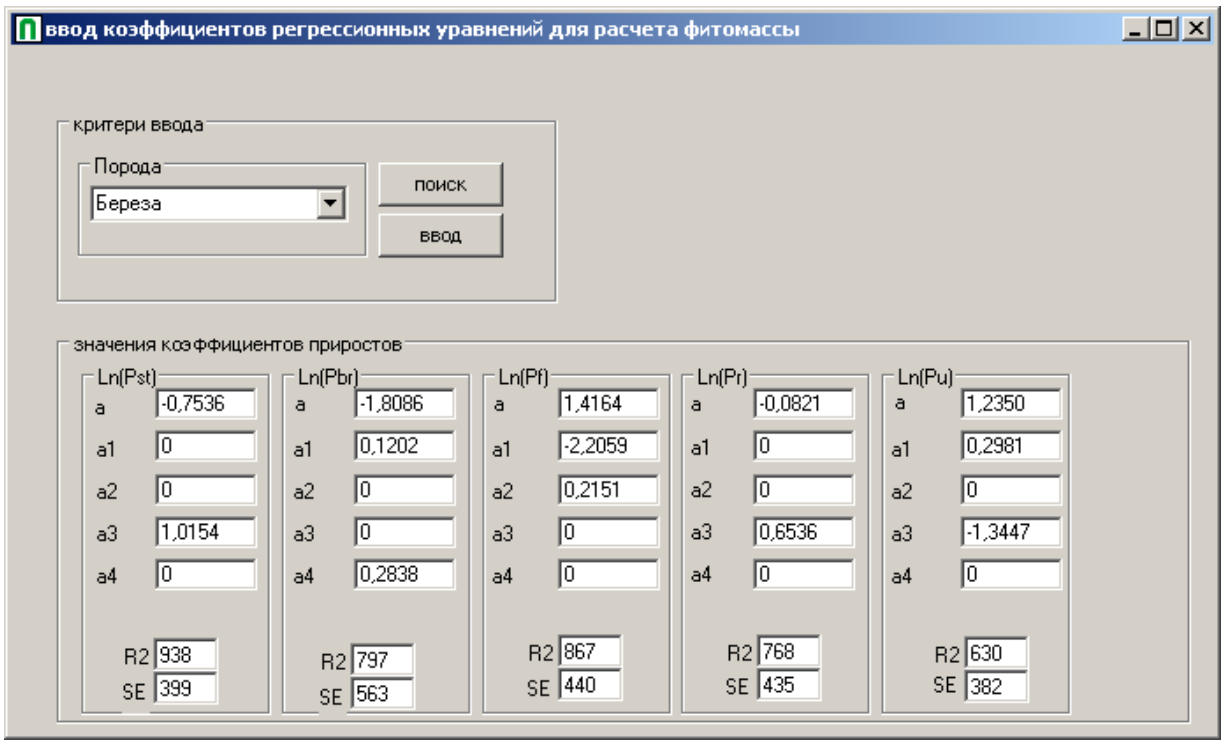


Рис. 2.21. Управление данными КРУ для расчета фитомассы

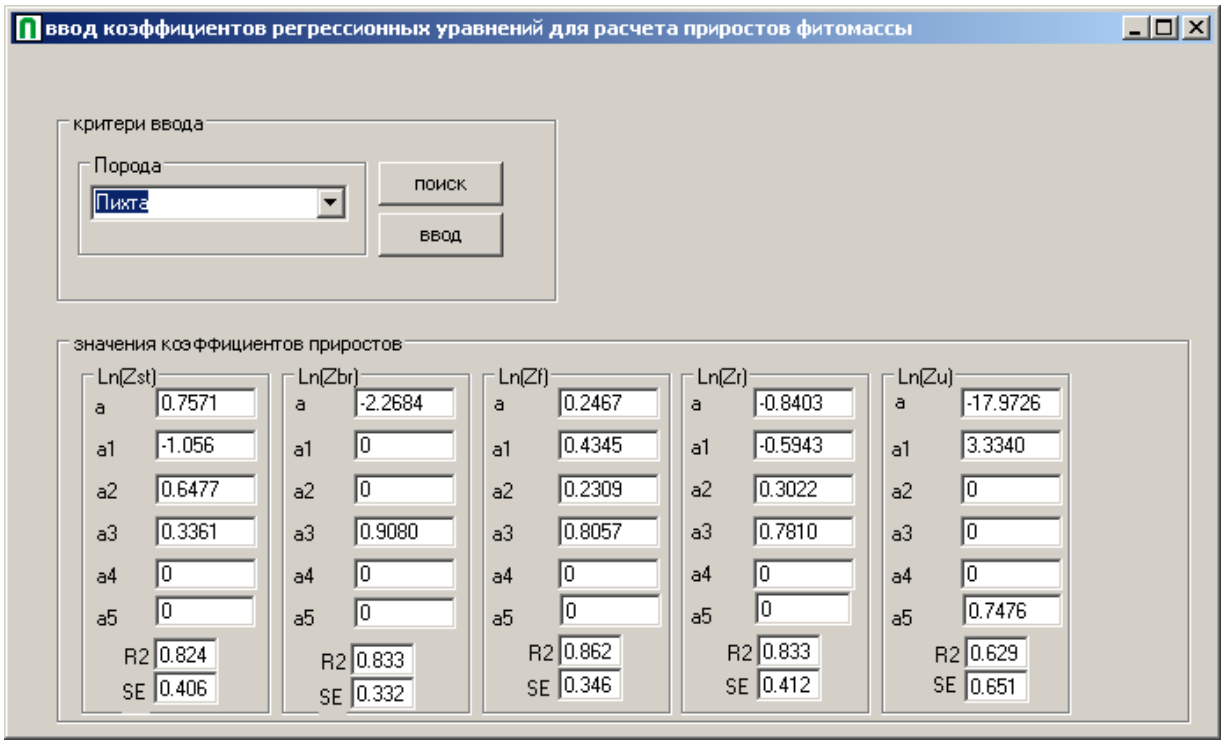


Рис. 2.22. Управление данными КРУ для расчета приростов фитомассы

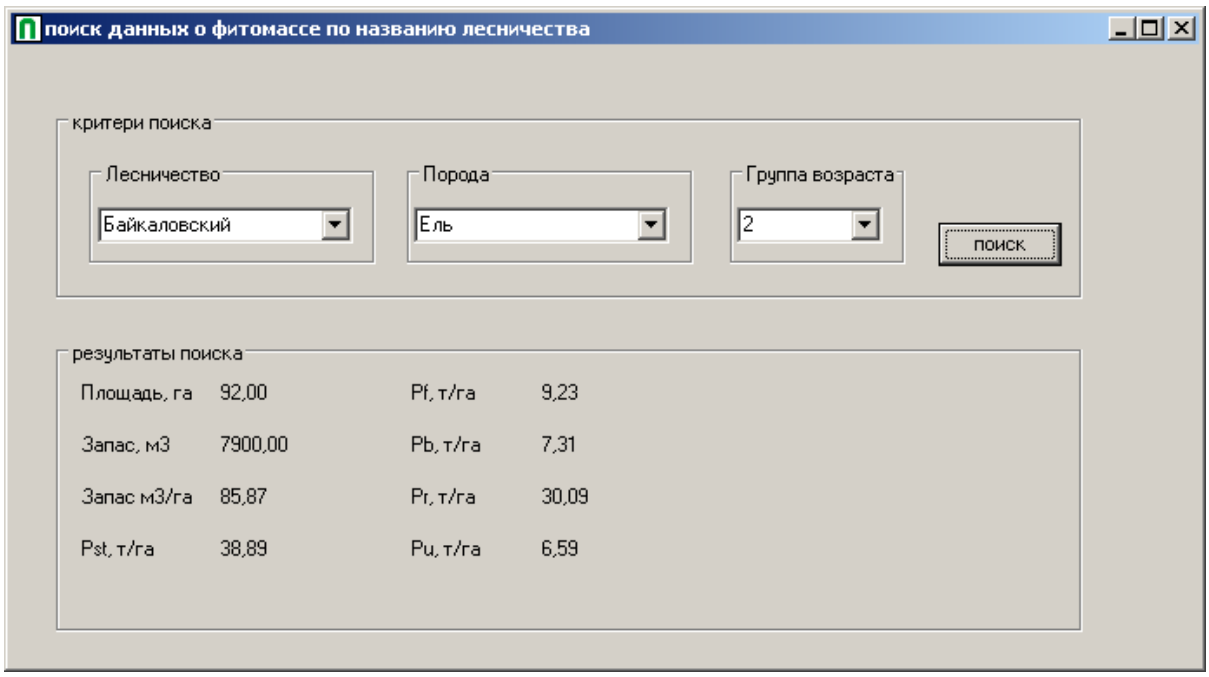


Рис. 2.23. Поиск данных значений фитомассы по названию лесничества, породе и группе возраста

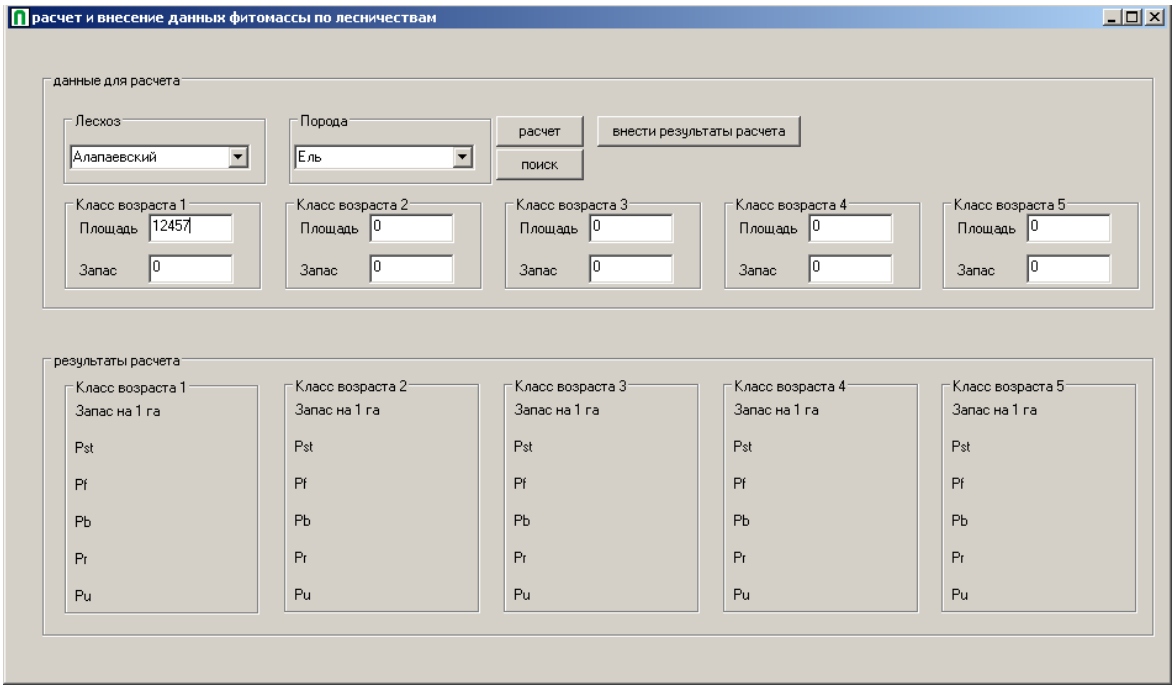


Рис. 2.24. Расчет и внесение новых данных для одного лесничества

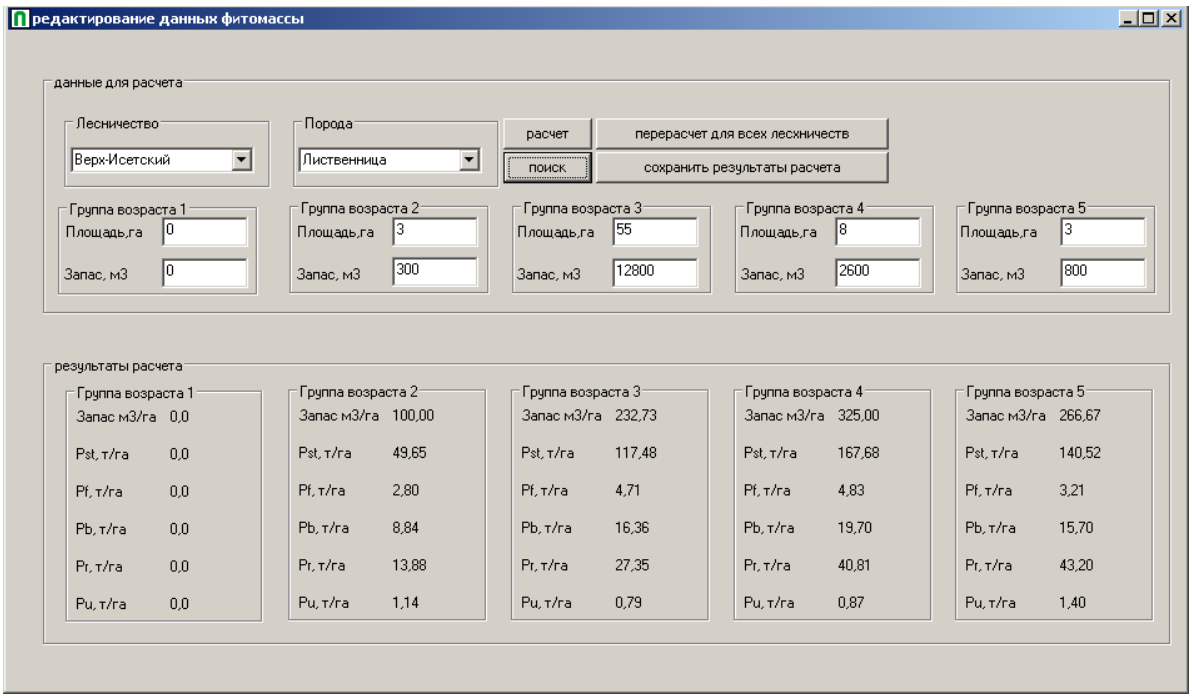


Рис. 2.25. Изменение данных значений фитомассы для одного лесничества

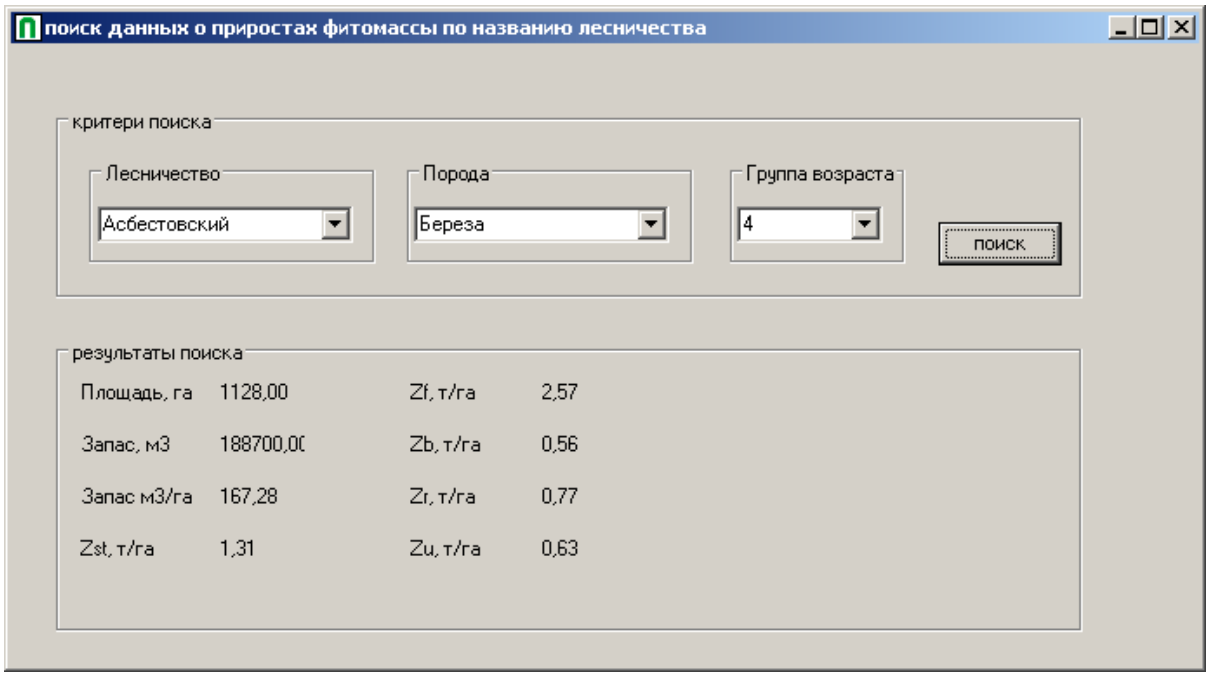


Рис. 2.26. Поиск данных значений приростов фитомассы

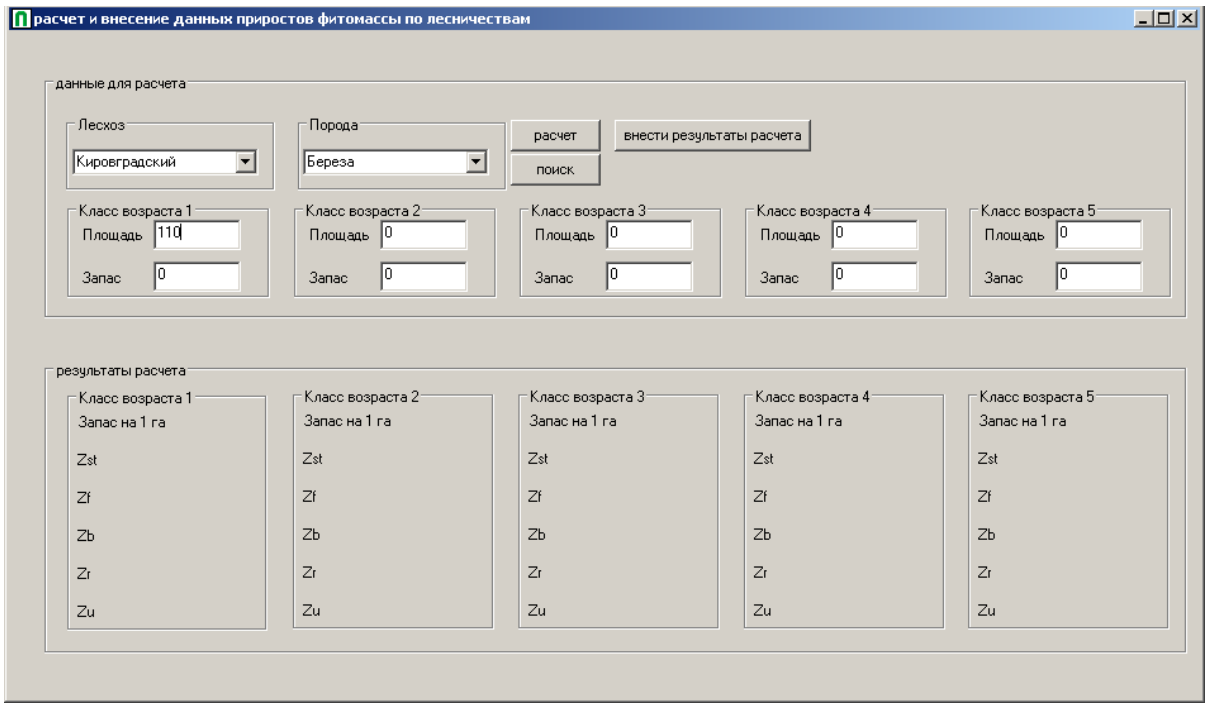


Рис. 2.27. Расчет и внесение новых данных значений приростов фитомассы для одного лесничества

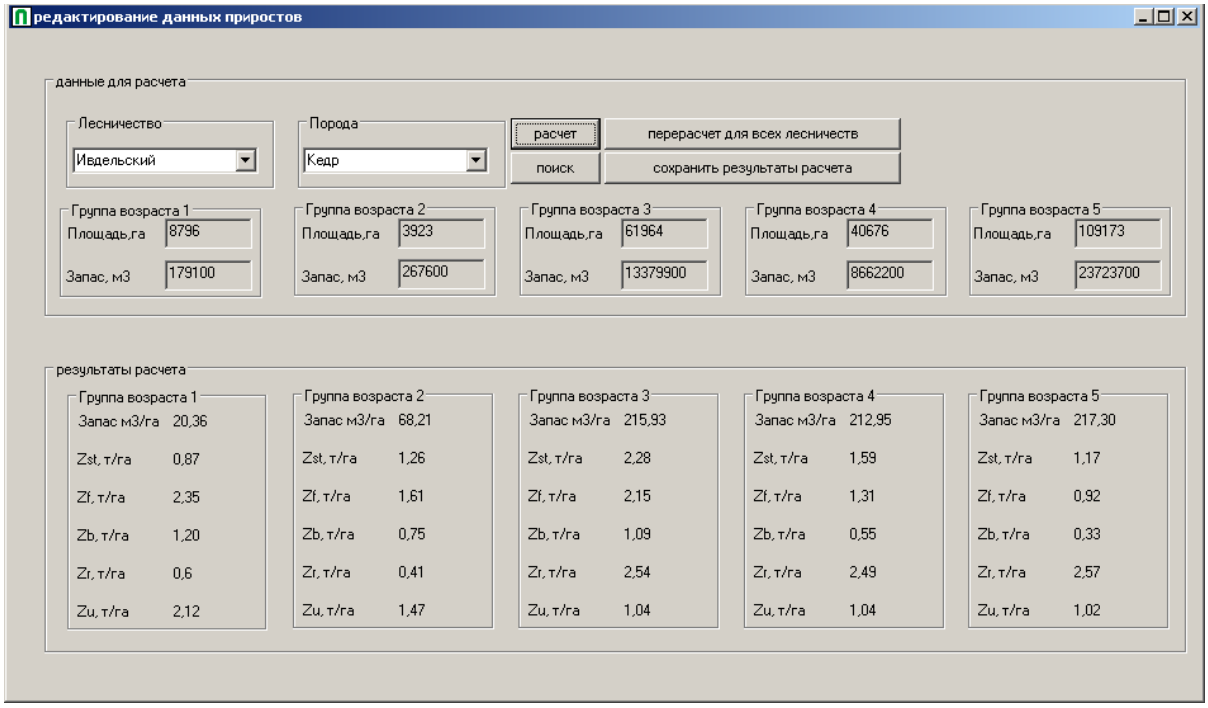


Рис. 2.28. Изменение данных значений приростов фитомассы для одного лесничества

2.5.3.2. Пользовательский блок

Из всех Приложений (табл. 2.10) для пользователей системы доступны только:

- Приложение № 6 (рис. 2.23);

- Приложение № 9 (рис. 2.26);
- Приложение № 8 (рис. 2.25) – только в режиме чтения;
- Приложение № 11 (рис. 2.28) – только в режиме чтения.

Данные ограничения введены для предотвращения случайного изменения исходных данных (КРУ, данные пробных площадей) неопытными пользователями. При запуске Главного управляющего приложения требуется ввести пароль. Если введенный пароль – пользовательский, то производится запуск Приложений с ограничениями.

2.5.4. Аналитический блок информационной системы (расчетные программы)

Перечень и характеристики расчетных программ системы представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12

Перечень и характеристики расчетных программ системы

№	Расчетная программа	Источники входных данных	Приемники выходных данных	Размер, кбайт
1	Расчет КРУ фитомассы (программный код представлен в *Приложении 4* п.1)	Приложение №3 (табл. 2.11) Рабочий файл 1 (рис. 2.2).	База данных значений КРУ фитомассы	2,50
2	Расчет КРУ приростов фитомассы (программный код представлен в *Приложении 4* п.1)	Приложение №3 (табл. 2.11) Рабочий файл 2 (рис. 2.2).	База данных значений КРУ приростов фитомассы	2,50
3	Расчет данных всех лесничеств (программный код представлен в *Приложении 4* п.2)	Запрос № 5 (табл. 2.8)	База данных значений фитомассы	31,06
4	Расчет данных всех лесничеств (программный код представлен в *Приложении 4* п.2)	Запрос № 7 (табл. 2.8)	База данных значений приростов фитомассы	31,06
5	Расчет t-критерия Стьюдента (программный код представлен в *Приложении 4* п.3)	Рабочий файл 1 Рабочий файл 2	-	0,65

2.5.5. Отчетные формы информационной системы

2.5.5.1. Типовые отчетные формы

Как для администраторов, так и для пользователей доступно 6 типовых отчетных форм. Запуск запросов, формирующих отчеты, производится из Главного управляющего приложения (рис. 2.29). Перечень и характеристики отчетных форм представлены в таблице 2.13. Все отчеты созданы в среде редактора Natural Reporter 2.6.37.

Таблица 2.13

Перечень и характеристики отчетных форм

№	Отчетная форма	Формирующий запрос	Размер, кбайт	Критерии формирования (элементы БД)	Дополнения
1	Отчет по породам для одного лесничества (рис. 2.31).	Запрос № 9 (табл. 2.8)	153	А1 (табл. 2.4)	Критерий задается при помощи вспомогательного диалога (рис. 2.30).
2	Отчет по возрастам для одного лесничества (рис. 2.33).	Запрос №10 (табл. 2.8)	137	А1 и А2 (табл. 2.4)	Критерий задается при помощи вспомогательного диалога (рис. 2.32).
3	Отчет по одной породе всех лесничеств (рис. 2.35)	Запрос №11 (табл. 2.8)	267	А2 (табл. 2.4)	Критерий задается при помощи вспомогательного диалога (рис. 2.34).
4	Отчет по одному возрасту всех лесничеств (рис. 2.37)	Запрос №12 (табл. 2.8)	264	А2 (табл. 2.4)	Критерий задается при помощи вспомогательного диалога (рис. 2.36).
5	Отчет по всем породам всех лесничеств (рис. 2.38)	Запрос №13 (табл. 2.8)	276	-	Запрос рассчитывает общую сумму фитомассы и приростов (суммируя и по классам возраста и по породам) для каждого лесничества.
6	Отчет по всем	Запрос №14	252	-	Показывает общее количество

	возрастам всех лесничеств (рис. 2.39)	(табл. 2.8)			фитомассы в каждом лесничестве для всех классов возраста (суммируются значения фракций и всех пород).

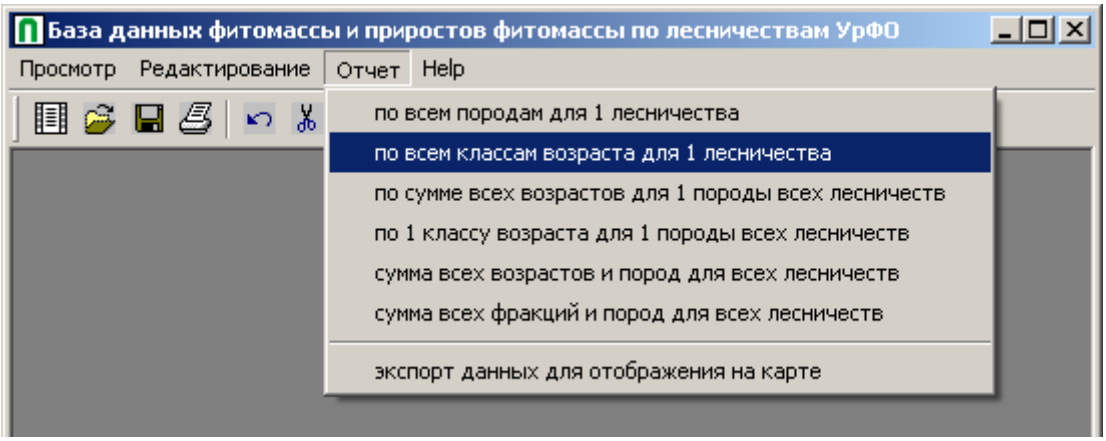


Рис. 2.29. Запуск запросов, формирующих отчеты

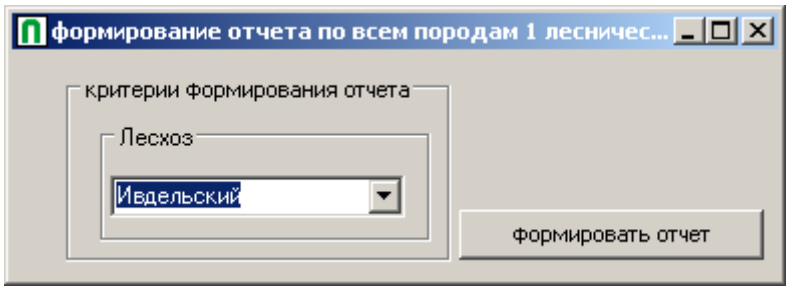
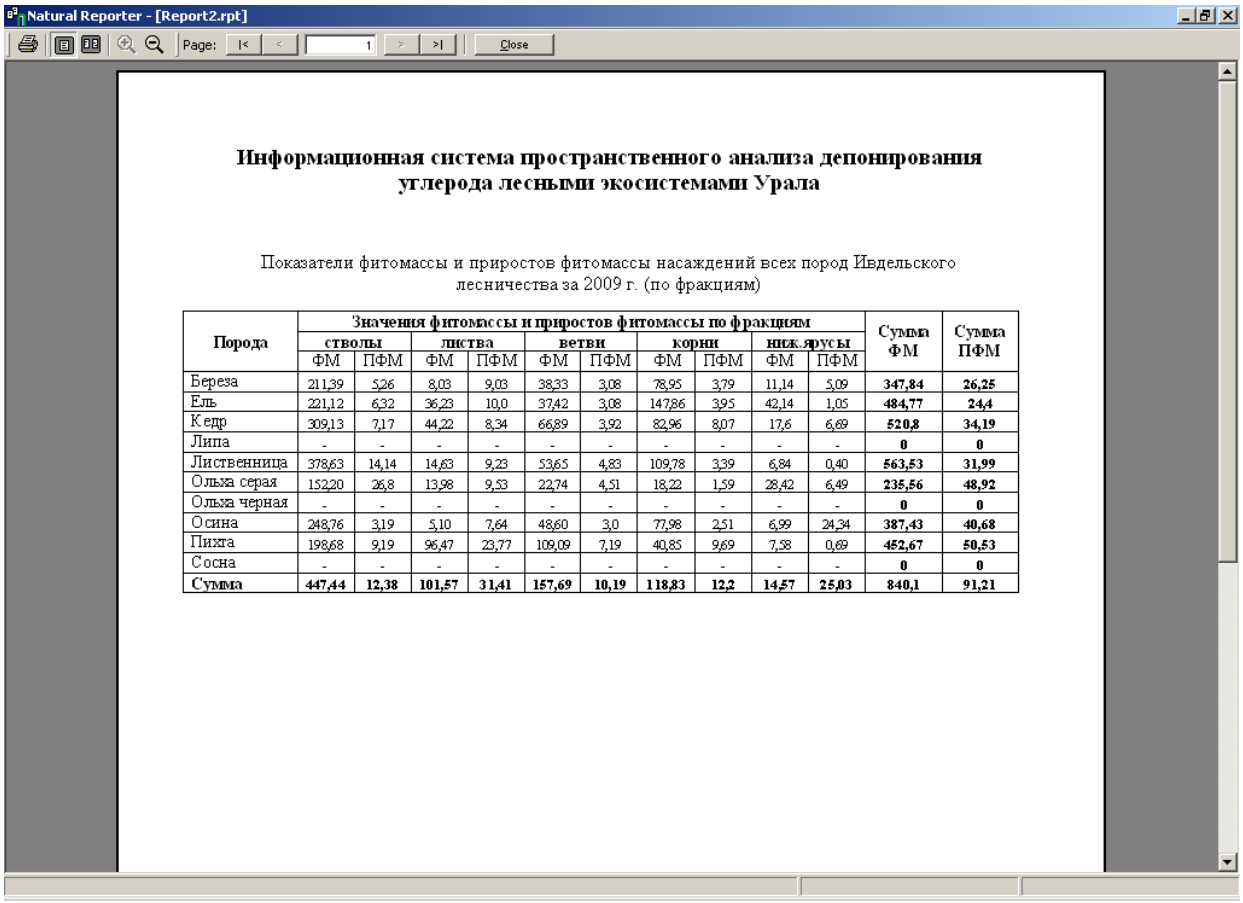


Рис. 2.30. Ввод критерия для формирования Отчета по породам для однго лесничества



Информационная система пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала

Показатели фитомассы и приростов фитомассы насаждений всех пород Ивдельского лесничества за 2009 г. (по фракциям)

Порода	Значения фитомассы и приростов фитомассы по фракциям										Сумма ФМ	Сумма ПФМ
	стволы		листва		ветви		корни		нижарусы			
	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ		
Береза	211,39	5,26	8,03	9,03	38,33	3,08	78,95	3,79	11,14	5,09	**347,84**	**26,25**
Ель	221,12	6,32	36,23	10,0	37,42	3,08	147,86	3,95	42,14	1,05	**484,77**	**24,4**
Кедр	309,13	7,17	44,22	8,34	66,89	3,92	82,96	8,07	17,6	6,69	**520,8**	**34,19**
Липа	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	**0**
Лиственница	378,63	14,14	14,63	9,23	53,65	4,83	109,78	3,39	6,84	0,40	**563,53**	**31,99**
Ольха серая	152,20	26,8	13,98	9,53	22,74	4,51	18,22	1,59	28,42	6,49	**235,56**	**48,92**
Ольха черная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	**0**
Осина	248,76	3,19	5,10	7,64	48,60	3,0	77,98	2,51	6,99	24,34	**387,43**	**40,68**
Пихта	198,68	9,19	96,47	23,77	109,09	7,19	40,85	9,69	7,58	0,69	**452,67**	**50,53**
Сосна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	**0**
Сумма	**447,44**	**12,38**	**101,57**	**31,41**	**157,69**	**10,19**	**118,83**	**12,2**	**14,57**	**25,03**	**840,1**	**91,21**

Рис. 2.31. Отчет по породам для одного лесничества

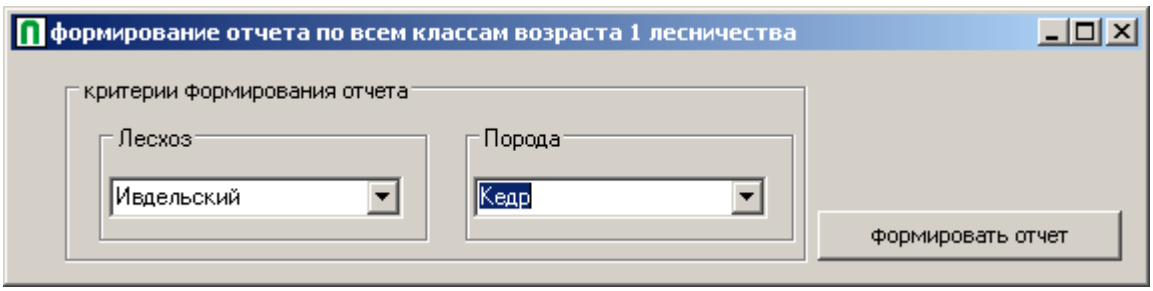
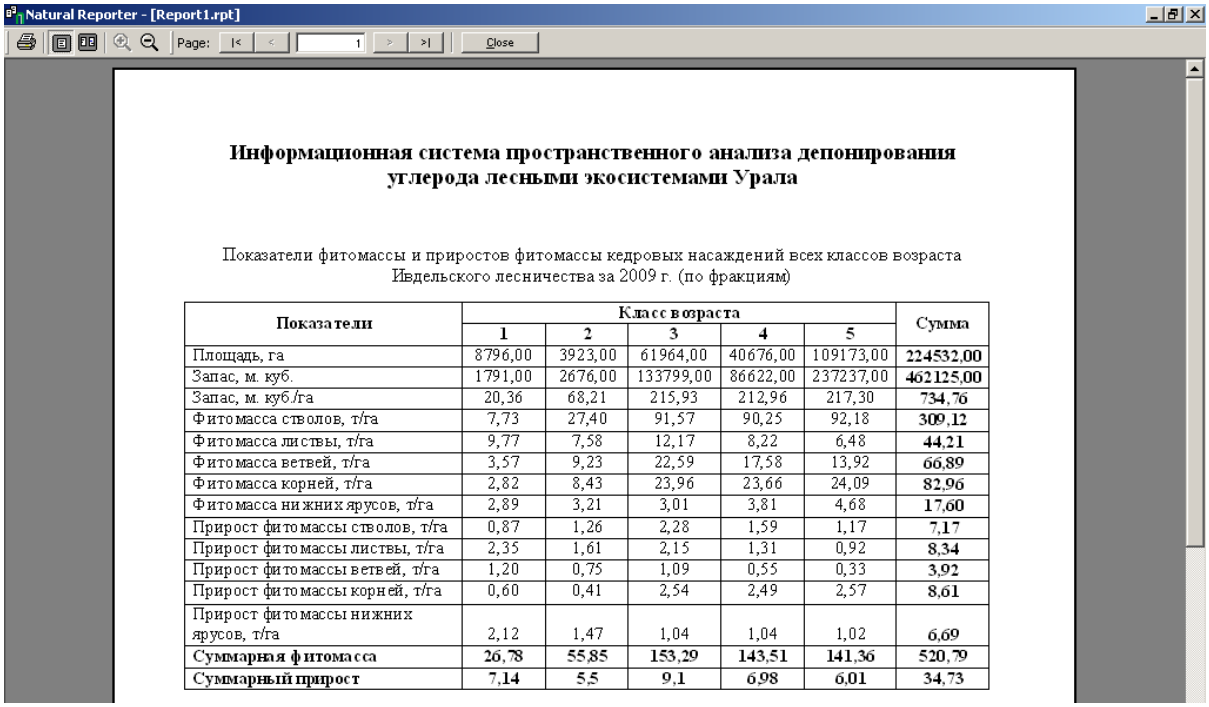


Рис. 2.32. Ввод критериев для формирования Отчета по возрастам для одного лесничества



Информационная система пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала

Показатели фитомассы и приростов фитомассы кедровых насаждений всех классов возраста Ивдельского лесничества за 2009 г. (по фракциям)

Показатели	Класс возраста					Сумма
	1	2	3	4	5	
Площадь, га	8796,00	3923,00	61964,00	40676,00	109173,00	**224532,00**
Запас, м. куб.	1791,00	2676,00	133799,00	86622,00	237237,00	**462125,00**
Запас, м. куб./га	20,36	68,21	215,93	212,96	217,30	**734,76**
Фитомасса стволов, т/га	7,73	27,40	91,57	90,25	92,18	**309,12**
Фитомасса листвы, т/га	9,77	7,58	12,17	8,22	6,48	**44,21**
Фитомасса ветвей, т/га	3,57	9,23	22,59	17,58	13,92	**66,89**
Фитомасса корней, т/га	2,82	8,43	23,96	23,66	24,09	**82,96**
Фитомасса нижних ярусов, т/га	2,89	3,21	3,01	3,81	4,68	**17,60**
Прирост фитомассы стволов, т/га	0,87	1,26	2,28	1,59	1,17	**7,17**
Прирост фитомассы листвы, т/га	2,35	1,61	2,15	1,31	0,92	**8,34**
Прирост фитомассы ветвей, т/га	1,20	0,75	1,09	0,55	0,33	**3,92**
Прирост фитомассы корней, т/га	0,60	0,41	2,54	2,49	2,57	**8,61**
Прирост фитомассы нижних ярусов, т/га	2,12	1,47	1,04	1,04	1,02	**6,69**
Суммарная фитомасса	**26,78**	**55,85**	**153,29**	**143,51**	**141,36**	**520,79**
Суммарный прирост	**7,14**	**5,5**	**9,1**	**6,98**	**6,01**	**34,73**

Рис. 2.33. Отчет по возрастам для одного лесничества

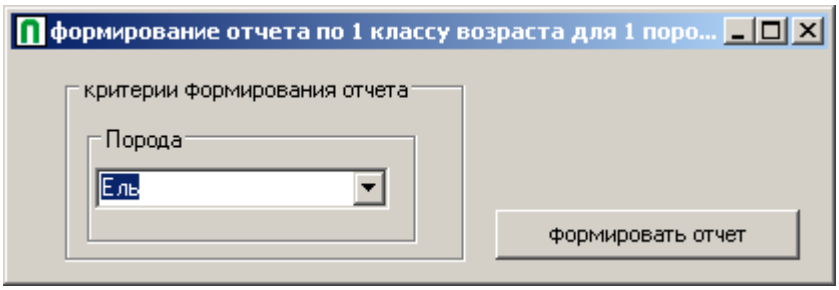


Рис. 2.34. Ввод критериев для формирования Отчета по одной породе всех лесничеств

Natural Reporter - [Report3]

Информационная система пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала

Показатели фитомассы и приростов фитомассы еловых насаждений за 2009 г. (по фракциям)

Лесхоз	Значения фитомассы и приростов фитомассы по фракциям										Сумма ФМ	Сумма ПФМ
	стволы		листва		ветви		корни		нижярусы			
	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ		
Алапаевский	310,95	7,70	46,30	12,55	49,72	3,86	153,75	4,92	41,45	0,94	**602,17**	**29,97**
Артинский	384,01	14,68	77,24	23,32	72,56	6,15	163,01	9,86	26,58	0,87	**723,40**	**54,88**
Асбестовский	348,92	6,87	45,71	11,85	52,90	3,75	133,94	4,57	18,64	0,86	**600,11**	**27,90**
Ачитский	453,38	14,84	82,04	24,00	81,26	6,51	165,97	10,00	25,94	0,79	**808,59**	**56,14**
Байкаловский	336,15	8,93	52,08	14,41	54,72	4,31	156,38	5,73	37,82	0,92	**637,15**	**34,30**
Березовский	325,89	7,80	47,70	12,82	52,01	3,97	154,35	5,02	42,38	0,89	**622,33**	**30,50**
Билимбаевский	477,89	15,79	87,04	25,60	85,80	6,88	167,14	10,71	25,26	0,78	**843,13**	**59,76**
Бисертский	355,97	11,51	63,79	18,44	63,54	5,19	160,01	7,59	29,77	0,87	**673,08**	**43,60**
Верх-Исетский	417,39	13,37	74,17	21,55	73,86	5,96	163,76	8,91	27,59	0,82	**756,77**	**50,61**
Верхотурский	368,57	11,09	62,65	17,86	63,59	5,11	160,16	7,28	30,76	0,87	**685,73**	**42,21**

Рис. 2.35. Отчет по одной породе всех лесничеств

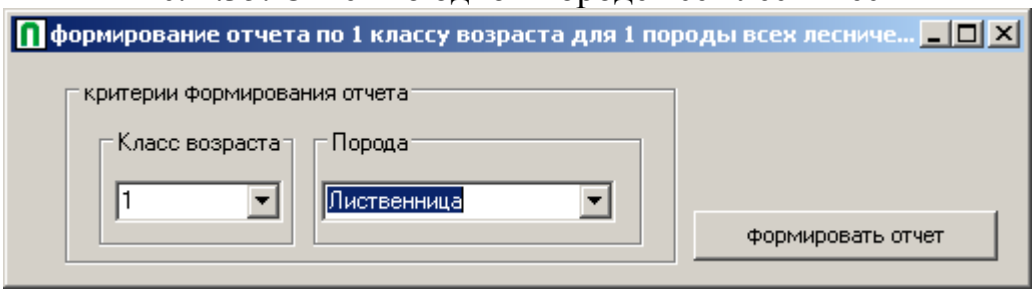


Рис. 2.36. Ввод критериев для формирования Отчета по одному возрасту всех лесничеств

Natural Reporter - [Report4]

Информационная система пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала

Показатели фитомассы и приростов фитомассы насаждений лиственницы 1 класса возраста за 2009 г. (по фракциям)

Лесхоз	Значения фитомассы и приростов фитомассы по фракциям										Сумма ФМ	Сумма ПФМ
	стволы		листва		ветви		корни		нижярусы			
	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ		
Алапаевский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**
Артинский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**
Асбестовский	23,84	4,80	3,36	2,67	9,89	2,20	6,30	0,4	1,01	0	**44,4**	**10,07**
Ачитский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**
Байкаловский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**
Березовский	2,24	0,54	0,31	0,6	0,92	0,3	1,53	0	6,93	0,18	**11,93**	**1,62**
Билимбаевский	37,33	7,26	5,27	3,53	15,52	4,76	8,24	0,7	0,71	0	**67,07**	**16,25**
Бисертский	15,85	3,29	2,23	2,06	6,56	1,09	4,94	0,3	1,41	0,1	**30,99**	**6,84**
Верх-Исетский	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**
Верхотурский	11,40	2,43	1,60	0,68	4,71	0,62	4,05	0,2	1,85	0,1	**23,61**	**4,03**

Рис. 2.37. Отчет по одному возрасту всех лесничеств

Natural Reporter - [Report5]

Информационная система пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала

Показатели фитомассы и приростов фитомассы насаждений всех пород за 2009 г. (по фракциям)

Лесхоз	Значения фитомассы и приростов фитомассы по фракциям										Сумма ФМ	Сумма ПФМ
	стволы		листва		ветви		корни		нижярусы			
	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ	ФМ	ПФМ		
Алапаевский	2403,03	76,04	259,83	90,28	448,52	33,20	854,19	57,14	125,31	45,55	**4090,88**	**302,21**
Артинский	2578,71	107,11	389,27	133,62	575,35	46,83	901,10	74,91	101,01	35,10	**4545,44**	**397,57**
Асбестовский	2279,92	54,85	154,99	65,19	347,28	23,53	741,86	46,77	71,17	28,36	**3595,22**	**218,70**
Ачитский	2736,39	127,23	446,39	150,32	654,83	50,42	896,41	83,51	99,40	31,70	**4833,42**	**443,18**
Байкаловский	1699,64	65,97	144,30	70,92	274,39	27,09	704,53	45,35	133,05	54,07	**2955,91**	**263,40**
Березовский	2093,52	52,85	153,18	65,62	333,90	25,14	685,65	41,14	104,05	78,57	**3370,30**	**263,32**
Билимбаевский	3261,44	118,87	364,69	133,27	627,89	51,66	932,65	68,79	99,67	29,73	**5286,34**	**402,32**
Бисертский	2395,25	81,91	298,59	114,70	486,61	39,07	805,52	55,49	107,91	41,59	**4093,88**	**332,76**
Верх-Исетский	2629,29	118,03	212,47	82,02	420,81	28,85	731,68	48,71	88,51	26,41	**4082,76**	**304,02**
Верхотурский	2891,24	113,54	327,99	115,43	563,60	40,19	899,06	59,27	117,96	36,17	**4799,85**	**364,60**
Гаринский	1781,01	46,48	231,20	74,10	377,81	22,06	595,66	38,07	106,88	40,16	**3093,56**	**221,86**

Рис. 2.38. Отчет по всем породам всех лесничеств

Natural Reporter - [Report6]

Информационная система пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Урала

Показатели фитомассы насаждений всех пород за 2009 г. (по классам возраста)

Лесхоз	Класс возраста					Сумма
	1	2	3	4	5	
Алапаевский	273,82	494,90	1004,63	1133,52	1184,01	**4090,88**
Артинский	572,04	754,40	987,92	1085,14	1145,94	**4545,44**
Асбестовский	107,08	242,34	1001,67	1130,71	1113,42	**3595,22**
Ачитский	728,67	643,44	986,53	1189,92	1284,86	**4833,42**
Байкаловский	187,18	388,36	733,29	740,34	846,74	**2895,91**
Березовский	143,91	376,88	1145,18	828,00	876,33	**3370,30**
Билимбаевский	493,16	600,90	1312,47	1500,78	1379,03	**5286,34**
Бисертский	468,23	546,38	814,36	1004,86	1260,05	**4093,88**
Верх-Исетский	183,52	400,95	1158,75	1170,81	1168,73	**4082,76**
Верхотурский	368,29	658,39	971,57	1380,75	1420,85	**4799,85**

Рис. 2.39. Отчет по всем возрастам всех лесничеств

2.5.5.2. Интерактивные карты

2.5.5.2.1. Структура и содержание файла транспортировки данных в ГИС

Опция Главного управляющего приложения «экспорт данных для отображения на карте» (рис. 2.29) запускает процедуру формирования двух файлов транспортировки (для значений фитомассы и значений приростов фитомассы). На рис. 2.2 файлы обозначены как Рабочий файл 3 (приросты фитомассы) и Рабочий файл 4 (фитомасса). Основой для формирования Рабочих файлов 3 и 4 является запрос № 15 (табл. 2.8).

Рабочий файл 4 содержит данные (рис. 2.40):

- названия лесничеств;

- названия пород;
- суммарный запас насаждений породы всех классов возраста для каждого лесничества в $м^3$/га;
- суммарная фитомасса стволов всех классов возраста породы, т/га;
- суммарная фитомасса листвы всех классов возраста породы, т/га;
- суммарная фитомасса ветвей всех классов возраста породы, т/га;
- суммарная фитомасса корней всех классов возраста породы, т/га;
- суммарная фитомасса нижних ярусов всех классов возраста породы, т/га;
- суммарная фитомассы всех классов возраста всех пород, т/га.

Рабочий файл 3 содержит данные (рис. 2.41):

- названия лесничеств;
- названия пород;
- суммарный запас насаждений породы всех классов возраста для каждого лесничества в $м^3$/га;
- суммарный прирост фитомассы стволов всех классов возраста породы, т/га;
- суммарный прирост фитомассы листвы всех классов возраста породы, т/га;
- суммарный прирост фитомассы ветвей всех классов возраста породы, т/га;
- суммарный прирост фитомассы корней всех классов возраста породы, т/га;
- суммарный прирост фитомассы нижних ярусов всех классов возраста породы, т/га;
- суммарный прирост фитомассы всех классов возраста всех пород, т/га.

Алапаевский	Ель	707.02	310.95
Артинский	Ель	877.11	384.01
Асбестовский	Ель	799.41	348.92
Ачитский	Ель	1043.99	453.38
Байкаловский	Ель	765.85	336.15
Березовский	Ель	742.58	325.89
Билимбаевский	Ель	1103.06	477.89
Бисертский	Ель	811.79	355.97
Верх-Исетский	Ель	957.97	417.39
Верхотурский	Ель	842.15	368.57
Гаринский	Ель	550.45	244.65

Рис. 2.40. Содержание Рабочего файла 4

Пышминский	Береза	506.51	6.07
Ревдинский	Береза	682.55	8.00
Режевской	Береза	499.23	5.83
Салдинский	Береза	599.83	7.41
Свердловский	Береза	628.76	7.14
Североуральский	Береза	429.91	5.15
Серовский	Береза	657.40	7.31
Синячихенский	Береза	502.77	6.02
Слободо-Туринский	Береза	503.44	5.78
Сотринский	Береза	447.77	5.51
Сухоложский	Береза	656.23	7.34

Рис. 2.41. Содержание Рабочего файла 3

2.5.5.2.2. Построение карт и импортирование данных

В ГИС Панорама созданы 2 карты лесничеств по Уральскому Федеральному Округу: для отображения значений фитомассы и приростов фитомассы. В каждой карте задается по 1 слою для каждой из 10 пород, по 1 слою для отображения суммарных фитомассы или приростов фитомассы. На карте для каждого лесничества создается системный объект, отображающий границы лесничества и имеющий уникальный номер. Включая системный слой, содержащий системные объекты, каждая из карт содержит по 12 слоев.

Производится совмещение данных о координатах и системных номеров каждого лесничества на карте (данные карты) с названиями лесничеств, пород, значениями запаса и фитомассы (данные импортируются из Рабочего файла 4 в карту фитомассы и из Рабочего файла 3 в карту приростов фитомассы).

На рис. 2.42 показана таблица в среде ГИС Панорама, в которой номер объекта на карте и его координаты совмещены с названиями лесничеств, значениями запаса и фитомассы. Для карты, отображающей значения приростов фитомассы создается аналогичная таблица.

База данных для карты - C:\Documents and Settings\mv\Мои документы\РФФИ\2009\карта\карта1.SIT

Таблица Карта Поиск и фильтрация Сервис Формирование отчета Помощь

<<карта.dbf>>

НОМЕР_	СЛОЙ_	ТИП_	ДЛИНА_	ПЛОЩАД	X_	Y_	ЛЕСНИЧ	ПОРОДА	ЗАПАС	ФМ_СТЕ	ФМ_ЛИС	ФМ_ВЕТ	ФМ_КОР	ФМ_НИЖ
5800	Береза	1	559931.52	104510322	6662	11278241.300	Алапаевск	Береза	519	263	10	46	89	12
5801	Береза	1	464207.47	854060416	6657	11112609.200	Артинский	Береза	633	322	12	56	103	11
5802	Береза	1	500794.64	144539229	6797	11110042.890	Асбестовс	Береза	521	264	10	46	90	12
5803	Береза	1	452490.62	108922425	6759	11028733.980	Ачитский	Береза	663	338	12	58	105	12
5804	Береза	1	401900.64	997027971	6746	10947956.010	Байкаловс	Береза	453	229	8	40	81	14
5805	Береза	1	378237.96	798072061	6750	10948367.560	Березовск	Береза	591	301	10	52	95	14
5806	Береза	1	699659.77	220047344	6865	11506567.310	Билимбаев	Береза	816	417	15	72	120	11
5807	Береза	1	562115.30	101664064	6766	11490324.950	Бисертски	Береза	577	294	10	51	95	12
5808	Береза	1	349056.62	261190266	6834	11490952.830	Верх-Исетс	Береза	782	399	14	69	116	11
5809	Береза	1	437570.51	684879081	6863	11507572.390	Верхотурск	Береза	690	352	13	61	108	11
5810	Береза	1	1225432.3	574607616	7158	11550778.190	Гаринский	Береза	478	242	9	42	85	13
5811	Береза	1	922585.23	389655295	7136	11700043.800	Егоршинск	Береза	432	218	8	38	80	13
5812	Береза	1	573924.99	983695405	7049	11581159.280	Ивдельски	Береза	418	211	8	37	78	13
5813	Береза	1	512356.06	139065948	6909	11564022.760	Ирбитский	Береза	457	232	9	40	82	13
5814	Береза	1	494188.30	822115894	6911	11533077.420	Исовский	Береза	611	311	11	54	99	12
5815	Береза	1	506808.49	139831393	6708	11503718.310	Каменск-У	Береза	544	277	10	48	91	13
5816	Береза	1	380169.67	317273552	6782	11624680.110	Камышлов	Береза	596	304	11	53	97	12
5817	Береза	1	810515.24	201445569	6577	11768349.580	Карпински	Береза	529	269	10	47	90	13
5818	Береза	1	1180577.8	449902192	7001	11757701.430	Кировград	Береза	539	274	10	47	92	12
5819	Береза	1	1168138.1	782436643	7289	11422143.070	Красноура.	Береза	567	289	10	50	94	12
5820	Береза	1	1213417.2	660650346	7174	11814781.950	Красноуфи	Береза	607	309	11	54	100	12
5821	Береза	1	1202234.8	572154281	7006	11757414.920	Кушвински	Береза	554	282	10	49	93	12
5822	Береза	1	903151.52	346311740	7100	11955514.310	Невьянски	Береза	497	252	10	44	88	12
5823	Береза	1	74680.604	270863952	7806	11573906.210	Нижне-Сер	Береза	609	310	12	54	101	11
5824	Береза	1	925758.17	480378909	7184	11982802.730	Нижне-Таг	Береза	607	309	11	54	99	12
5825	Береза	1	1387481.0	982062644	7475	12119039.850	Ново-Ляли	Береза	634	323	12	56	102	12
5826	Береза	1	1486096.0	832298433	7074	12193810.050	Новоураль	Береза	686	350	12	60	106	12
5827	Береза	1	1051968.9	305525466	6984	12064351.770	Оусский	Береза	528	268	9	47	90	13
5828	Береза	1	1176508.9	429796394	6984	12061778.220	Полевской	Береза	617	314	11	54	100	12
5829	Береза	1	507326.66	119892051	6726	12022386.650	Пышминск	Береза	507	257	9	45	88	13
5830	Береза	1	492824.29	109761848	6835	11898862.050	Ревдински	Береза	683	348	13	60	107	11

Всего записей : 3312 Текущая запись : 1

Рис. 2.42.Совмещение координат объектов на карте со значениями Рабочего файла 4 (значения фитомассы)

2.5.5.3. Описание интерактивных карт лесничеств УрФО

Интерактивные карты (для отображения значений фитомассы и приростов фитомассы) имеют одинаковую структуру. Краткое описание слоев карт представлено в таблице 2.14.

Таблица 2.14

Описание слоев интерактивных карт

№	Слой карты	Отображаемые элементы БД (табл. 2.4)	Дополнительные показатели и параметры
1	Общая фитомасса	A1, Σ(D1,D2,D3,D4,D5), Σ[Σ(F1,F2,F3,F4,F5), Σ(G1,G2,G3,G4,G5), Σ(H1,H2,H3,H4,H5), Σ(I1, I2, I3, I4, I5), Σ(J1, J2, J3, J4, J5)].	Площадь лесничества (м); Периметр лесничества ($м^3$); Координаты; Масштаб отображения.
2	Береза,	A1,	Отображаются суммарные

	ель, кедр, липа, лиственница, ольха серая, ольха черная, осина, пихта, сосна	Σ(D1,D2,D3,D4,D5), Σ(F1, F2, F3, F4, F5), Σ(G1,G2,G3,G4,G5), Σ(H1,H2,H3,H4,H5), Σ(I1, I2, I3, I4, I5), Σ(J1, J2, J3, J4, J5).	значения фитомассы и приростов фитомассы по каждому уникальному значению А2. Площадь лесничества (м); Периметр лесничества ($м^3$); Координаты; Масштаб отображения.

Результирующее отображение значений фитомассы и приростов фитомассы на картах показано на рис. 2.43. и 2.45 соответственно. При двойном щелчке мыши в границах каждого лесничества вызывается информационный диалог, в котором представлены значения названия лесничества, соответствующие ему, значения запаса и фитомассы по фракциям для каждой из пород. Также доступна информация о координатах границ лесничества, его площади и периметра.

Значения фитомассы для других пород и общая фитомасса для данного лесничества доступна при перемещении по соответствующим слоям карты. Перемещение по слоям производится при помощи поля со списком (рис. 2.44).

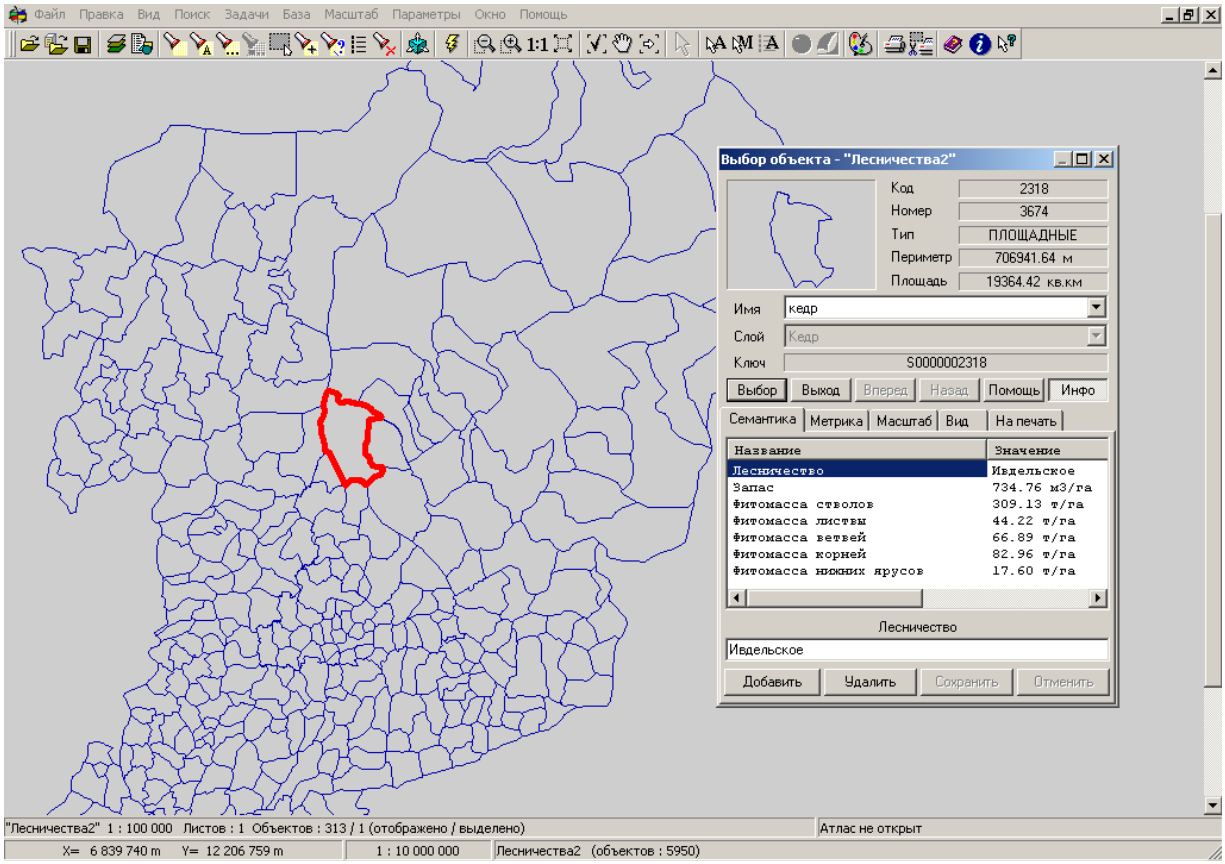


Рис. 2.43. Отображение на электронной карте значений фитомассы по фракциям для каждой породы по каждому лесничеству

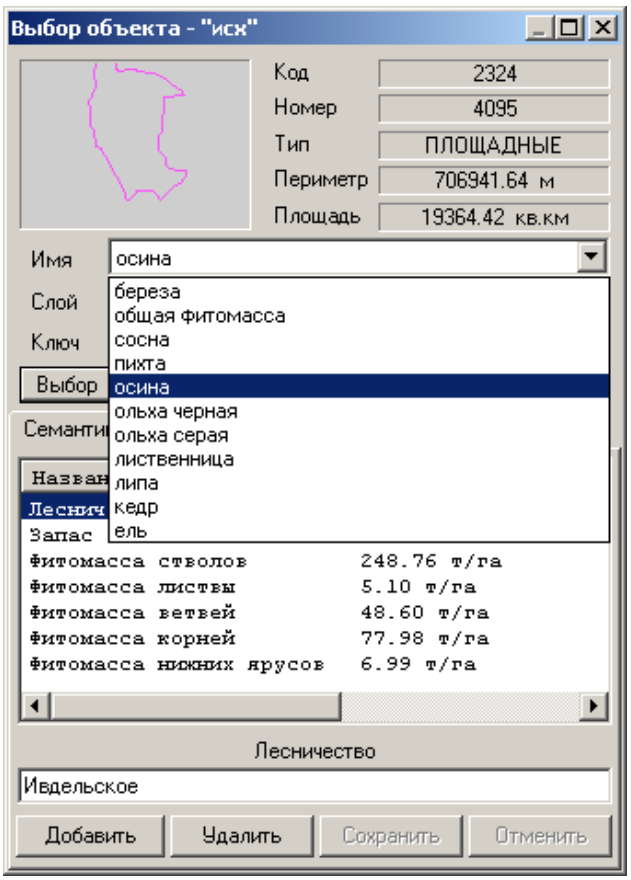


Рис. 2.44. Перемещение по слоям карты

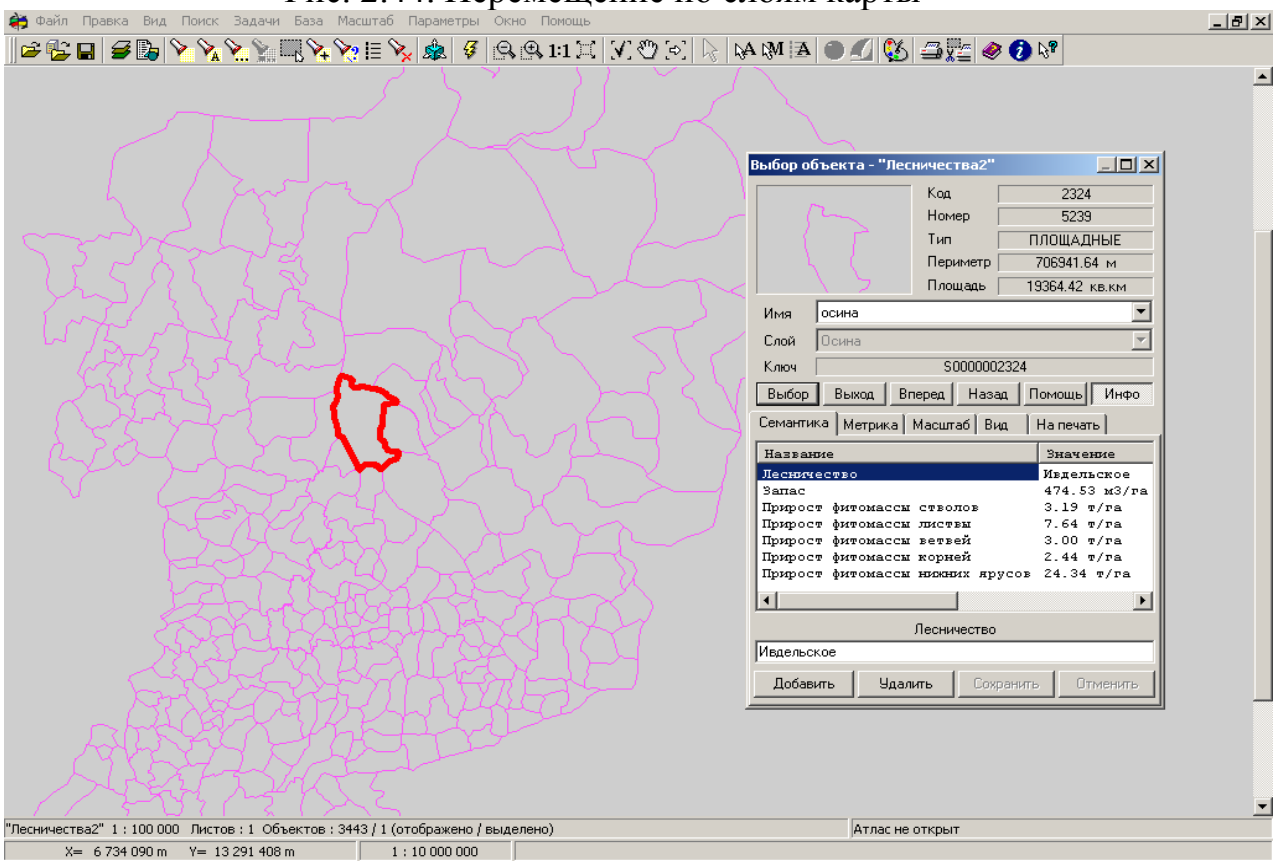


Рис. 2.45. Отображение значений приростов фитомассы по фракциям для каждой породы по каждому лесничеству

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, путем исследования подходов и совмещения баз данных о фитомассе и чистой первичной продукции (ЧПП) по 305 лесничествам Уральского региона (10 территориальных образований) рассчитаны общий углеродный пул фитомассы лесов (4556 млн. т) и годичное депонирование углерода в фитомассе (271 млн. т). Модели и методы расчетов впервые реализован в среде Natural и СУБД ADABAS. С помощью разработанной информационной системы все расчеты по депонированию углерода в лесах Уральского региона можно актуализировать в автоматическом режиме без участия оператора.

ABSTRACT

Within the framework of the decision of this problem the carbon deposition spatial analysis information system of Ural region has been implemented. Within this system the spatial binding of the trial areas with definitions of a carbon pool and year deposition of carbon in phytomass has been executed. The superposition of phytomass database and primary production database, containing data for 305 forestries of Ural region (10 territorial units) has been accomplished, and the total carbon pool of forests phytomass (4556 million tons) and annual carbon deposition to phytomass (271 million tons) have been calculated.

Список литературы

Алексеев В.А., Бердси Р.А. Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994. 224 с.

Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Картосхемы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО. 1967. Т. 99. № 3. С. 190-194.

Бараковских Е.В. Распределение запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесов Пермского края: Автореф. дис… канд. с.-х. наук. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. - 21 с.

Брусенков И.В., Кондратенков В.А., Силин В.Д. ADABAS – основа семейства программных продуктов фирмы Software AG для создания корпоративных баз данных. 1996 (http://www.citforum.ru/database/kbd96/510.shtml).

Бумблаускис Т. Функционирование органического вещества растительности в экосистемах Литвы. Клайпеда: Клайпедский ун-т, 1996. 212 с.

Воронин П.Ю., Коновалов П.В., Блондинский В.К., Кайбияйнен Л.К. Хлорофильный индекс и фотосинтетический сток углерода в лесах Северной Евразии // Физиология растений. 2004. № 51. С. 390-395.

Георгиевский Н.П. О развитии насаждений при рубках ухода // Развитие русского лесоводства. М.-Л.: Гос. лесотехн. изд-во. 1948. С. 112-179.

Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. 2-е изд. М.: Наука, 1987. 552 с.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Система конверсионных отношений для расчета чистой первичной продукции лесных экосистем по запасам насаждений // Лесоведение. 2000. № 6. С. 54-63.

Исаев А.С., Коровин Г.Н. Депонирование углерода в лесах России // Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. Углерод в биогеоценозах. М.: ЦЭПЛ, 1997. Вып. 15. С. 59-98.

Канунникова О.В. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесов Свердловской области и Башкирии: Автореф. дис…. канд. с.-х. наук. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. - 22 с.

Кашапов Р.Ш. О балансе органического углерода в природно-хозяйственной системе Башкортостана // Изв. РГО. - 2002. - Т. 134. - Вып. 3. - С. 39-42.

Кашапов Р.Ш. Оценка бюджета общего углерода на региональном уровне (на примере республики Башкортостан) // Изв. РГО. - 2004. - Т. 136. - Вып. 1. - С. 75-80.

Кондратьев К.Я., Лосев К.С., Ананичева М.Д., Чеснокова И.В. Естественнонаучные основы устойчивости жизни. М.: ЦС АГО, 2003. 239 с.

Лавренко Е.М., Андреев В.Н., Леонтьев В.Л. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн. 1955. Т. 40. № 3. С. 415-419

Полякова Н.Ф. Соотношения между массой листвы, приростом древесины и транспирацией // ДАН СССР. 1954. Т. 96. № 6. С. 1261-1263.

Полякова-Минченко Н.Ф. Облиствение широколиственных насаждений степной зоны // Сообщ. Лаборатории лесоведения АН СССР. 1961. Вып. 4. С. 40-53.

Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965. 253 с.

Тулохонов А.К., Пунцукова С.Д., Скулкина Н.А., Кузнецов Ю.А. Вклад лесов Бурятии в баланс стока и эмиссии углерода // География и природные ресурсы. 2006. № 2, С. 41-48.

Усольцев В. А. Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1997. 216 с.

Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. 541с.

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 707 с.

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 762 с.

Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. - Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с.

Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. - Екатеринбург: УрО РАН, 2010 (в печати).

Усольцев В.А., Кузьмин Н.И., Канунникова О.В., Колтунова А.И., Балицкий М.И., Пальмова Н.В. Распределение запасов органического углерода на территории Оренбургской области // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири. Матер. 3-го междунар. интернет-семинара. - Томск: ТГУ, 2007. - С. 281- 286.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов (на примере Республики Беларусь) // Лесоведение. 2003. № 1. С. 48-57.

Цветков В.Ф., Сурина Е.А. Запасы углерода в лесах Архангельской области // Изв. вузов. Лесн. журн. 2003. № 5. С. 17-25.

Часовских В.П., Воронов М.П., Фатеркин А.С. Информационные технологии в управлении: СУБД ADABAS и проектирование приложений средствами Natural. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. - 476 с.

Швиденко А.З., Нильссон С., Столбовой В.С. и др. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 1. Запасы растительной органической массы // Экология. 2000. № 6. С. 403-410.

Швиденко А.З., Щепащенко Д.Г., Ваганов Е.А., Нильссон С. Чистая первичная продукция лесных экосистем России: новая оценка // Доклады Академии наук. 2008. Т. 421. № 6. С. 822-825.

Швиденко А.З., Щепащенко Д.Г., Нильссон С. Материалы к познанию современной продуктивности лесов России // Базовые проблемы перехода к устойчивому управлению лесами России – учет лесов и организация лесного хозяйства: Матер. международного семинара. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. С. 5-37.

Яблоков А.С. Культура лиственницы и уход за насаждениями. М.: Гослесбумиздат, 1934. 128 с.

Burger H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. 1. Mitteilung: Die Weymouthföhre // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1929. Bd. 15. S. 243-292.

Burger H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. 13. Mitteilung: Fichten in gleichaltrigen Hochwald // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1953. Bd. 29. S. 38-130.

Busse W. Baumkrone und Schaftzuwachs // Forstwissenschaftl. Centralblatt. 1930. Bd. 52. S. 310-318.

Cannell M.G.R., Milne R. Carbon pools and sequestration in forest ecosystems in Britain // Forestry. 1995. Vol. 68. No. 4. P. 361-378.

Hartig R. Wachstumsuntersuchungen an Fichten // Forstlich-Naturwissenschaftl. Zeitschrift. 1896. Bd. 5. S. 1-15, 33-45.

Kittredge J.I. Estimation of amount of foliage of trees and stands // J. of Forestry. 1944. Vol. 42. No. 11. P. 905-912.

Möller K.-M. The effect of thinning, age and site on foliage, increment and loss of dry matter // J. of Forestry. 1947. Vol. 45. No. 6. P. 393-404.

Ovington J.D. Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. // Annals of Botany, N.S. 1957. Vol. 21. No. 82. P. 287-314.

Приложение 1

Программные коды запросов к базам данных

1. Запросы к Базам данных значений пробных площадей (таблица 2.5)

1.1. Запрос №1 (таблица 2.8):

```
read all in db2ber
…
end-read
```

Используются следующие названия для баз данных пробных площадей:

db2ber – береза;
db2el – ель;
db2ked – кедр;
db2lip – липа;
db2lis – лиственница;
db2pih – пихта;
db2olg – ольха серая;
db2olb – ольха черная;
db2osi – осина;
db2sos – сосна.

1.2. Запрос №2 (таблица 2.8):

```
read all in db2ber
for #in 1 to 17
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(#in) = true
#h := #h + 1
move #in to #zz
write work file 1
#zz
end-if
end-for
if #zz = 1
move db2ber.a1 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 2
move db2ber.a2 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 3
move db2ber.a3 to #zh(#hh)
end-if
```

```
if #zz = 4
move db2ber.a4 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 5
move db2ber.a5 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 6
move db2ber.b1 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 7
move db2ber.b2 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 8
move db2ber.b3 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 9
move db2ber.b4 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 10
move db2ber.b5 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 11
move db2ber.b6 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 12
move db2ber.c1 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 13
move db2ber.c2 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 14
move db2ber.c3 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 15
move db2ber.c4 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 16
move db2ber.c5 to #zh(#hh)
end-if
if #zz = 17
move db2ber.c6 to #zh(#hh)
end-if
…
end-read
```

1.3. Запрос № 3 (таблица 2.8):

```
read all in db2ber
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(1) = true
move db2ber.a1 to #zi(1)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(2) = true
move db2ber.a2 to #zi(2)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(3) = true
move db2ber.a3 to #zi(3)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(4) = true
move db2ber.a4 to #zi(4)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(5) = true
move db2ber.a5 to #zi(5)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(6) = true
move db2ber.b1 to #zi(6)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(7) = true
move db2ber.b2 to #zi(7)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(8) = true
move db2ber.b3 to #zi(8)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(9) = true
move db2ber.b4 to #zi(9)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(10) = true
move db2ber.b5 to #zi(10)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(11) = true
move db2ber.b6 to #zi(11)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(12) = true
move db2ber.c1 to #zi(12)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(13) = true
move db2ber.c2 to #zi(13)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(14) = true
move db2ber.c3 to #zi(14)
end-if
```

```
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(15) = true
move db2ber.c4 to #zi(15)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(16) = true
move db2ber.c5 to #zi(16)
end-if
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(17) = true
move db2ber.c6 to #zi(17)
end-if
…
end-read
```

2. Запросы к Базе данных значений КРУ фитомассы (таблица 2.6)

2.1. Запрос № 4 (таблица 2.8):

```
move #sB-2.string to #sb
find db2coefp with n1 = #sb
…
end-find
```

2.2. Запрос № 5 (таблица 2.8):

```
read all in db2coefp
…
end-read
```

3. Запросы к Базе данных значений КРУ приростов фитомассы (таблица 2.7)

3.1. Запрос № 6 (таблица 2.8):

```
move #sB-2.string to #sb
find db2coefz with n1 = #sb
…
end-find
```

3.2. Запрос №7 (таблица 2.8):

```
read all in db2coefp
…
end-read
```

4. Запросы к Базам данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы (табл. 2.4)

4.1. Запрос № 8 (таблица 2.8):

а) БД значений фитомассы:

```
find ural with a1 = #leshoz and with  a2 = #poroda
if #vozr = '1'
```

```
move b1 to #g(1)
move c1 to #g(2)
move d1 to #g(3)
move f1 to #g(4)
move g1 to #g(5)
move h1 to #g(6)
move i1 to #g(7)
move j1 to #g(8)
end-if
if #vozr = '2'
move b2 to #g(1)
move c2 to #g(2)
move d2 to #g(3)
move f2 to #g(4)
move g2 to #g(5)
move h2 to #g(6)
move i2 to #g(7)
move j2 to #g(8)
end-if
if #vozr = '3'
move b3 to #g(1)
move c3 to #g(2)
move d3 to #g(3)
move f3 to #g(4)
move g3 to #g(5)
move h3 to #g(6)
move i3 to #g(7)
move j3 to #g(8)
end-if
if #vozr = '4'
move b4 to #g(1)
move c4 to #g(2)
move d4 to #g(3)
move f4 to #g(4)
move g4 to #g(5)
move h4 to #g(6)
move i4 to #g(7)
move j4 to #g(8)
end-if
if #vozr = '5'
move b5 to #g(1)
move c5 to #g(2)
move d5 to #g(3)
move f5 to #g(4)
move g5 to #g(5)
```

```
move h5 to #g(6)
move i5 to #g(7)
move j5 to #g(8)
end-if
…
end-find
```

б) БД значений приротов фитомассы:

```
find uralz with a1 = #leshoz and with  a2 = #poroda
if #vozr = '1'
move b1 to #g(1)
move c1 to #g(2)
move d1 to #g(3)
move f1 to #g(4)
move g1 to #g(5)
move h1 to #g(6)
move i1 to #g(7)
move j1 to #g(8)
end-if
if #vozr = '2'
move b2 to #g(1)
move c2 to #g(2)
move d2 to #g(3)
move f2 to #g(4)
move g2 to #g(5)
move h2 to #g(6)
move i2 to #g(7)
move j2 to #g(8)
end-if
if #vozr = '3'
move b3 to #g(1)
move c3 to #g(2)
move d3 to #g(3)
move f3 to #g(4)
move g3 to #g(5)
move h3 to #g(6)
move i3 to #g(7)
move j3 to #g(8)
end-if
if #vozr = '4'
move b4 to #g(1)
move c4 to #g(2)
move d4 to #g(3)
move f4 to #g(4)
move g4 to #g(5)
```

```
move h4 to #g(6)
move i4 to #g(7)
move j4 to #g(8)
end-if
if #vozr = '5'
move b5 to #g(1)
move c5 to #g(2)
move d5 to #g(3)
move f5 to #g(4)
move g5 to #g(5)
move h5 to #g(6)
move i5 to #g(7)
move j5 to #g(8)
end-if
…
end-find
```

4.2. Запрос № 9 (таблица 2.8):

```
find ural with a1 = #leshoz
compute #s1 = ural.f1 + ural.f2 + ural.f3 + ural.f4 + ural.f5
compute #s2 = ural.g1 + ural.g2 + ural.g3 + ural.g4 + ural.g5
compute #s3 = ural.h1 + ural.h2 + ural.h3 + ural.h4 + ural.h5
compute #s4 = ural.i1 + ural.i2 + ural.i3 + ural.i4 + ural.i5
compute #s5 = ural.j1 + ural.j2 + ural.j3 + ural.j4 + ural.j5
…
find uralz with a1 = #leshoz
compute #s6 = uralz.f1 + uralz.f2 + uralz.f3 + uralz.f4 + uralz.f5
compute #s7 = uralz.g1 + uralz.g2 + uralz.g3 + uralz.g4 + uralz.g5
compute #s8 = uralz.h1 + uralz.h2 + uralz.h3 + uralz.h4 + uralz.h5
compute #s9 = uralz.i1 + uralz.i2 + uralz.i3 + uralz.i4 + uralz.i5
compute #s10 = uralz.j1 + uralz.j2 + uralz.j3 + uralz.j4 + uralz.j5
…
end-find
end-find
```

4.3. Запрос № 10 (таблица 2.8):

```
find ural with a1 = #leshoz and with  a2 = #poroda
…
find uralz with a1 = #leshoz and with  a2 = #poroda
…
end-find
end-find
```

4.4. Запрос № 11 (таблица 2.8):

```
find ural with a2 = #poroda
```

```
compute #s1 = ural.f1 + ural.f2 + ural.f3 + ural.f4 + ural.f5
compute #s2 = ural.g1 + ural.g2 + ural.g3 + ural.g4 + ural.g5
compute #s3 = ural.h1 + ural.h2 + ural.h3 + ural.h4 + ural.h5
compute #s4 = ural.i1 + ural.i2 + ural.i3 + ural.i4 + ural.i5
compute #s5 = ural.j1 + ural.j2 + ural.j3 + ural.j4 + ural.j5
compute #s6 = ural.c1 + ural.c2 + ural.c3 + ural.c4 + ural.c5
…
find uralz a2 = #poroda
compute #s7 = uralz.f1 + uralz.f2 + uralz.f3 + uralz.f4 + uralz.f5
compute #s8 = uralz.g1 + uralz.g2 + uralz.g3 + uralz.g4 + uralz.g5
compute #s9 = uralz.h1 + uralz.h2 + uralz.h3 + uralz.h4 + uralz.h5
compute #s10 = uralz.i1 + uralz.i2 + uralz.i3 + uralz.i4 + uralz.i5
compute #s11 = uralz.j1 + uralz.j2 + uralz.j3 + uralz.j4 + uralz.j5
compute #s12 = uralz.c1 + uralz.c2 + uralz.c3 + uralz.c4 + uralz.c5
…
end-find
end-find
```

4.5. Запрос № 12 (таблица 2.8):

```
find ural with a2 = #poroda
if #vozr = '1'
move f1 to #g(1)
move g1 to #g(2)
move h1 to #g(3)
move i1 to #g(4)
move j1 to #g(5)
end-if
if #vozr = '2'
move f2 to #g(1)
move g2 to #g(2)
move h2 to #g(3)
move i2 to #g(4)
move j2 to #g(5)
end-if
if #vozr = '3'
move f3 to #g(1)
move g3 to #g(2)
move h3 to #g(3)
move i3 to #g(4)
move j3 to #g(5)
end-if
if #vozr = '4'
move f4 to #g(1)
move g4 to #g(2)
move h4 to #g(3)
```

```
move i4 to #g(4)
move j4 to #g(5)
end-if
if #vozr = '5'
move f5 to #g(1)
move g5 to #g(2)
move h5 to #g(3)
move i5 to #g(4)
move j5 to #g(5)
end-if
…
find uralz with a2 = #poroda
if #vozr = '1'
move f1 to #g(1)
move g1 to #g(2)
move h1 to #g(3)
move i1 to #g(4)
move j1 to #g(5)
end-if
if #vozr = '2'
move f2 to #g(1)
move g2 to #g(2)
move h2 to #g(3)
move i2 to #g(4)
move j2 to #g(5)
end-if
if #vozr = '3'
move f3 to #g(1)
move g3 to #g(2)
move h3 to #g(3)
move i3 to #g(4)
move j3 to #g(5)
end-if
if #vozr = '4'
move f4 to #g(1)
move g4 to #g(2)
move h4 to #g(3)
move i4 to #g(4)
move j4 to #g(5)
end-if
if #vozr = '5'
move f5 to #g(1)
move g5 to #g(2)
move h5 to #g(3)
move i5 to #g(4)
```

```
move j5 to #g(5)
end-if
end-find
end-find
```

4.6. Запрос № 13 (таблица 2.8):

```
read all in ural
compute #s1 = ural.f1 + ural.f2 + ural.f3 + ural.f4 + ural.f5
compute #s2 = ural.g1 + ural.g2 + ural.g3 + ural.g4 + ural.g5
compute #s3 = ural.h1 + ural.h2 + ural.h3 + ural.h4 + ural.h5
compute #s4 = ural.i1 + ural.i2 + ural.i3 + ural.i4 + ural.i5
compute #s5 = ural.j1 + ural.j2 + ural.j3 + ural.j4 + ural.j5
compute #s6 = ural.c1 + ural.c2 + ural.c3 + ural.c4 + ural.c5
…
read all in uralz
compute #s7 = uralz.f1 + uralz.f2 + uralz.f3 + uralz.f4 + uralz.f5
compute #s8 = uralz.g1 + uralz.g2 + uralz.g3 + uralz.g4 + uralz.g5
compute #s9 = uralz.h1 + uralz.h2 + uralz.h3 + uralz.h4 + uralz.h5
compute #s10 = uralz.i1 + uralz.i2 + uralz.i3 + uralz.i4 + uralz.i5
compute #s11 = uralz.j1 + uralz.j2 + uralz.j3 + uralz.j4 + uralz.j5
compute #s12 = uralz.c1 + uralz.c2 + uralz.c3 + uralz.c4 + uralz.c5
…
compute #rp = #s1 + #s2 + #s3 + #s4 + #s5
compute #rz = #s7 + #s8 + #s9 + #s10 + #s11
end-read
end-read
```

4.7. Запрос №14 (таблица 2.8):

```
read all in ural
compute #s1 = ural.f1 + ural.g1 + ural.h1 + ural.i1 + ural.j1
compute #s2 = ural.f2 + ural.g2 + ural.h2 + ural.i2 + ural.j2
compute #s3 = ural.f3 + ural.g3 + ural.h3 + ural.i3 + ural.j3
compute #s4 = ural.f4 + ural.g4 + ural.h4 + ural.i4 + ural.j4
compute #s5 = ural.f5 + ural.g5 + ural.h5 + ural.i5 + ural.j5
…
read all in uralz
compute #s6 = uralz.f1 + uralz.g1 + uralz.h1 + uralz.i1 + uralz.j1
compute #s7 = uralz.f2 + uralz.g2 + uralz.h2 + uralz.i2 + uralz.j2
compute #s8 = uralz.f3 + uralz.g3 + uralz.h3 + uralz.i3 + uralz.j3
compute #s9 = uralz.f4 + uralz.g4 + uralz.h4 + uralz.i4 + uralz.j4
compute #s10 = uralz.f5 + uralz.g5 + uralz.h5 + uralz.i5 + uralz.j5
…
compute #rp = #s1 + #s2 + #s3 + #s4 + #s5
compute #rz = #s6 + #s7 + #s8 + #s9 + #s10
end-read
end-read
```

4.8. Запрос № 15 (таблица 2.8):

```
read all in ural
compute #s1 = ural.f1 + ural.f2 + ural.f3 + ural.f4 + ural.f5
compute #s2 = ural.g1 + ural.g2 + ural.g3 + ural.g4 + ural.g5
compute #s3 = ural.h1 + ural.h2 + ural.h3 + ural.h4 + ural.h5
compute #s4 = ural.i1 + ural.i2 + ural.i3 + ural.i4 + ural.i5
compute #s5 = ural.j1 + ural.j2 + ural.j3 + ural.j4 + ural.j5
compute #s6 = ural.d1 + ural.d2 + ural.d3 + ural.d4 + ural.d5
…
read all in uralz
compute #s7 = uralz.f1 + uralz.f2 + uralz.f3 + uralz.f4 + uralz.f5
compute #s8 = uralz.g1 + uralz.g2 + uralz.g3 + uralz.g4 + uralz.g5
compute #s9 = uralz.h1 + uralz.h2 + uralz.h3 + uralz.h4 + uralz.h5
compute #s10 = uralz.i1 + uralz.i2 + uralz.i3 + uralz.i4 + uralz.i5
compute #s11 = uralz.j1 + uralz.j2 + uralz.j3 + uralz.j4 + uralz.j5
compute #s12 = uralz.d1 + uralz.d2 + uralz.d3 + uralz.d4 + uralz.d5
…
compute #rp = #s1 + #s2 + #s3 + #s4 + #s5
compute #rz = #s7 + #s8 + #s9 + #s10 + #s11
end-read
end-read
```

Приложение 2

Программные коды программ проверки корректности вводимых данных и запросов к БД

1. Проверка уникальности вводимого значения

```
find number tural with a1 = #leshoz and a2 = #poroda
IF *NUMBER > 0 THEN
assign text = 'Для данного лесхоза по данной породе расчет уже сделан'
assign title = 'Расчет и внесение данных'
assign stil = 'SO'
open dialog ngu-messagebox
using #dlg$window
with #msg-box
end-if
if *number = 0 then
perform sub1
```

2. Проверка наличия записи в БД

```
find number ural with a1 = #leshoz and a2 = #poroda
IF *NUMBER = 0 THEN
assign text = 'Нет данных для данного лесхоза по данной породе'
assign title = 'Редактирование данных'
assign stil = 'SO'
open dialog ngu-messagebox
using #dlg$window
with #msg-box
end-if
if *number > 0 then
perform sub1
```

3. Корректировка в случае ввода нулевого значения критерия «площадь»

```
find ural with a1 = #leshoz and with a2 = #poroda
if b1 = 0 move 0 to #mm(1)
else
compute #mm(1) = c1 / b1
end-if
if b2 = 0 move 0 to #mm(2)
else
compute #mm(2) = c2 / b2
end-if
if b3 = 0 move 0 to #mm(3)
else
compute #mm(3) = c3 / b3
end-if
```

```
if b4 = 0 move 0 to #mm(4)
else
compute #mm(4) = c4 / b4
end-if
if b5 = 0 move 0 to #mm(5)
else
compute #mm(5) = c5 / b5
end-if
move #mm(1) to d1
move #mm(2) to d2
move #mm(3) to d3
move #mm(4) to d4
move #mm(5) to d5
move #mm(1) to #g(1)
move #mm(2) to #g(7)
move #mm(3) to #g(13)
move #mm(4) to #g(19)
move #mm(5) to #g(25)


…
end-find
```

4. Проверка ввода допустимого количества переменных

а) Для зависимой переменной:

```
for #in 1 to 17
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(#in) = true
#h := #h + 1
move #in to #zz
write work file 1
#zz
end-if
end-for
if #h > 1
assign text = 'Недопустисое количество переменных'
assign title = 'выбор зависимой переменной'
assign stil = 'SO'
open dialog ngu-messagebox
using #dlg$window
with #msg-box
```

```
#h := 0
end-if
```

б) Для независимой переменной:

```
#h := 0
for #in 1 to 17
if #LB-1-ITEMS.SELECTED(#in) = true
#h := #h + 1
end-if
end-for
if #h > 4
assign text = 'Недопустимое количество переменных'
assign title = 'выбор независимых переменных'
assign stil = 'SO'
open dialog ngu-messagebox
using #dlg$window
with #msg-box
#h := 0
end-if
```

5. Проверка числового формата вводимых данных

```
if not (#h = mask (00000001-99999999))
assign text = 'Некоторые вводимые данные содержат нечисловые значения'
assign title = 'Редактирование данных'
assign stil = 'SO'
open dialog ngu-messagebox
using #dlg$window
with #msg-box
#h := 0
end-if
```

Приложение 3

Программные коды программ записи и редактирования данных

1. БД значений пробных площадей (таблица 2.5)

1.1. Запись данных пробных площадей:

```
…
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to a3
move #sb-4.string to a4
move #sb-5.string to a5
move #sb-6.string to b1
move #sb-7.string to b2
move #sb-8.string to b3
move #sb-9.string to b4
move #sb-10.string to b5
move #sb-11.string to b6
move #sb-12.string to c1
move #sb-13.string to c2
move #sb-14.string to c3
move #sb-15.string to c4
move #sb-16.string to c5
move #sb-17.string to c6
store record in db2ber
end
```

1.2. Редактирование данных пробных площадей

```
read all in db2ber
…
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to a3
```

move #sb-4.string to a4
move #sb-5.string to a5
move #sb-6.string to b1
move #sb-7.string to b2
move #sb-8.string to b3
move #sb-9.string to b4
move #sb-10.string to b5
move #sb-11.string to b6
move #sb-12.string to c1
move #sb-13.string to c2
move #sb-14.string to c3
move #sb-15.string to c4
move #sb-16.string to c5
move #sb-17.string to c6
update
end-read

2. База данных значений КРУ фитомассы (таблица 2.6)

2.1. Запись данных КРУ фитомассы

…
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to a3
move #sb-4.string to a4
move #sb-5.string to a5
move #sb-6.string to b1
move #sb-7.string to b2
move #sb-8.string to b3
move #sb-9.string to b4
move #sb-10.string to b5
move #sb-11.string to c1
move #sb-12.string to c2
move #sb-13.string to c3

```
move #sb-14.string to c4
move #sb-15.string to c5
move #sb-16.string to d1
move #sb-17.string to d2
move #sb-18.string to d3
move #sb-19.string to d4
move #sb-20.string to d5
move #sb-21.string to f1
move #sb-22.string to f2
move #sb-23.string to f3
move #sb-24.string to f4
move #sb-25.string to f5
move #sb-26.string to g1
move #sb-27.string to g2
move #sb-28.string to g3
move #sb-29.string to g4
move #sb-30.string to g5
move #sb-31.string to gg
store record in db2coefp
end
```

2.2. Редактирование всех значений КРУ фитомассы

```
read all in db2coefp
…
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to a3
move #sb-4.string to a4
move #sb-5.string to a5
move #sb-6.string to b1
move #sb-7.string to b2
move #sb-8.string to b3
move #sb-9.string to b4
move #sb-10.string to b5
```

```
move #sb-11.string to c1
move #sb-12.string to c2
move #sb-13.string to c3
move #sb-14.string to c4
move #sb-15.string to c5
move #sb-16.string to d1
move #sb-17.string to d2
move #sb-18.string to d3
move #sb-19.string to d4
move #sb-20.string to d5
move #sb-21.string to f1
move #sb-22.string to f2
move #sb-23.string to f3
move #sb-24.string to f4
move #sb-25.string to f5
move #sb-26.string to g1
move #sb-27.string to g2
move #sb-28.string to g3
move #sb-29.string to g4
move #sb-30.string to g5
move #sb-31.string to gg
update
end-read
```

3. База данных значений КРУ приростов фитомассы (таблица2.7)

3.1. Запись данных КРУ приростов фитомассы

```
…
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to a3
move #sb-4.string to a4
move #sb-5.string to a5
move #sb-6.string to b1
```

```
move #sb-7.string to b2
move #sb-8.string to b3
move #sb-9.string to b4
move #sb-10.string to b5
move #sb-11.string to c1
move #sb-12.string to c2
move #sb-13.string to c3
move #sb-14.string to c4
move #sb-15.string to c5
move #sb-16.string to d1
move #sb-17.string to d2
move #sb-18.string to d3
move #sb-19.string to d4
move #sb-20.string to d5
move #sb-21.string to f1
move #sb-22.string to f2
move #sb-23.string to f3
move #sb-24.string to f4
move #sb-25.string to f5
move #sb-26.string to g1
move #sb-27.string to g2
move #sb-28.string to g3
move #sb-29.string to g4
move #sb-30.string to g5
move #sb-31.string to gg
store record in db2coefz
end
```

3.2. Редактирование всех значений КРУ приростов фитомассы

```
read all in db2coefz
…
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to a3
```

```
move #sb-4.string to a4
move #sb-5.string to a5
move #sb-6.string to b1
move #sb-7.string to b2
move #sb-8.string to b3
move #sb-9.string to b4
move #sb-10.string to b5
move #sb-11.string to c1
move #sb-12.string to c2
move #sb-13.string to c3
move #sb-14.string to c4
move #sb-15.string to c5
move #sb-16.string to d1
move #sb-17.string to d2
move #sb-18.string to d3
move #sb-19.string to d4
move #sb-20.string to d5
move #sb-21.string to f1
move #sb-22.string to f2
move #sb-23.string to f3
move #sb-24.string to f4
move #sb-25.string to f5
move #sb-26.string to g1
move #sb-27.string to g2
move #sb-28.string to g3
move #sb-29.string to g4
move #sb-30.string to g5
move #sb-31.string to gg
update
end-read
```

4. Базы данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы (таблица 2.4)

4.1. Запись данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы

```
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to b1
move #sb-4.string to b2
move #sb-5.string to b3
move #sb-6.string to b4
move #sb-7.string to b5
move #sb-8.string to c1
move #sb-9.string to c2
move #sb-10.string to c3
move #sb-11.string to c4
move #sb-12.string to c5
move #sb-13.string to d1
move #sb-14.string to d2
move #sb-15.string to d3
move #sb-16.string to d4
move #sb-17.string to d5
move #sb-18.string to f1
move #sb-19.string to f2
move #sb-20.string to f3
move #sb-21.string to f4
move #sb-22.string to f5
move #sb-23.string to g1
move #sb-24.string to g2
move #sb-25.string to g3
move #sb-26.string to g4
move #sb-27.string to g5
move #sb-28.string to h1
move #sb-29.string to h2
move #sb-30.string to h3
move #sb-31.string to h4
```

```
move #sb-31.string to h5
move #sb-33.string to i1
move #sb-34.string to i2
move #sb-35.string to i3
move #sb-36.string to i4
move #sb-37.string to i5
move #sb-38.string to j1
move #sb-39.string to j2
move #sb-40.string to j3
move #sb-41.string to j4
move #sb-42.string to j5
store record in ural (uralz)
end
```

4.2. Редактирование данных значений фитомассы и значений приростов фитомассы

```
read all in ural (uralz)
…
move #sb-1.string to a1
move #sb-2.string to a2
move #sb-3.string to b1
move #sb-4.string to b2
move #sb-5.string to b3
move #sb-6.string to b4
move #sb-7.string to b5
move #sb-8.string to c1
move #sb-9.string to c2
move #sb-10.string to c3
move #sb-11.string to c4
move #sb-12.string to c5
move #sb-13.string to d1
move #sb-14.string to d2
move #sb-15.string to d3
move #sb-16.string to d4
```

move #sb-17.string to d5

move #sb-18.string to f1

move #sb-19.string to f2

move #sb-20.string to f3

move #sb-21.string to f4

move #sb-22.string to f5

move #sb-23.string to g1

move #sb-24.string to g2

move #sb-25.string to g3

move #sb-26.string to g4

move #sb-27.string to g5

move #sb-28.string to h1

move #sb-29.string to h2

move #sb-30.string to h3

move #sb-31.string to h4

move #sb-31.string to h5

move #sb-33.string to i1

move #sb-34.string to i2

move #sb-35.string to i3

move #sb-36.string to i4

move #sb-37.string to i5

move #sb-38.string to j1

move #sb-39.string to j2

move #sb-40.string to j3

move #sb-41.string to j4

move #sb-42.string to j5

update

end-read

4.3. Редактирование всех значений фитомассы и всех значений приростов фитомассы

а) Редактирование всех значений фитомассы

find number ural a1 <> ‘ ‘

end-find

```
for #i = 1 to *number
find ural with isn = #i
…
read all in db2coefp
…
move #pst to ural.f1
…
update
end-read
end-find
end-for
```

а) Редактирование всех значений приростов фитомассы

```
find number uralz a1 <> ‘ ‘
end-find
for #i = 1 to *number
find uralz with isn = #i
…
read all in db2coefz
…
move #pst to uralz.f1
…
update
end-read
end-find
end-for
```

Приложение 4

1. Расчет КРУ фитомассы (или КРУ приростов фитомассы) для 2-х независимых переменных для одной записи

```
read work file 2
#zh(1:#hh)
compute #loga = log (#zh(1))
compute #logm = log (#zh(2))
compute #logz = log (#zh(3))
assign #suma := #suma + #loga
assign #sum := #sum + #logm
assign #sumz := #sumz + #logz
compute #sra = #suma / #num
compute #srm = #sum / #num
compute #srz = #sumz / #num
end-work
read work file 2
#zh(1:#hh)
compute #loga = log (#zh(1))
compute #logm = log (#zh(2))
compute #logz = log (#zh(3))
compute #x1 = #loga - #sra
compute #x2 = #logm - #srm
compute #x3 = #logz - #srz
compute #x12 = #x1**2
compute #x22 = #x2**2
compute #x32 = #x3**2
assign #sumx12 := #sumx12 + #x12
assign #sumx22 := #sumx22 + #x22
assign #sumx32 := #sumx32 + #x32
compute #m200 = #sumx12 / #num
compute #m020 = #sumx22 / #num
compute #m002 = #sumx32 / #num
compute #q1 = #m200**0.5
```

```
compute #q2 = #m020**0.5
compute #q3 = #m002**0.5
compute #x1x2 = #x1 * #x2
compute #x1x3 = #x1 * #x3
compute #x2x3 = #x2 * #x3
assign #sumx1x2 := #sumx1x2 + #x1x2
assign #sumx1x3 := #sumx1x3 + #x1x3
assign #sumx2x3 := #sumx2x3 + #x2x3
compute #m110 = #sumx1x2 / #num
compute #m101 = #sumx1x3 / #num
compute #m011 = #sumx2x3 / #num
compute #r110 = #m110 / (#q1 * #q2)
compute #r101 = #m101 / (#q1 * #q3)
compute #r011 = #m011 / (#q2 * #q3)
compute #x12x2 = #x12 * #x2
compute #x1x22 = #x1 * #x22
compute #x12x22 = #x12 * #x22
compute #x1x2x3 = #x1 * #x2 * #x3
assign #sumx12x2 := #sumx12x2 + #x12x2
assign #sumx1x22 := #sumx1x22 + #x1x22
assign #sumx12x22 := #sumx12x22 + #x12x22
assign #sumx1x2x3 := #sumx1x2x3 + #x1x2x3
compute #m210 = #sumx12x2 / #num
compute #m120 = #sumx1x22 / #num
compute #m220 = #sumx12x22 / #num
compute #m111 = #sumx1x2x3 / #num
compute #r210 = #m210 / (#q1**2 * #q2)
compute #r120 = #m120 / (#q1 * #q2**2)
compute #r220 = #m220 / (#q1**2 * #q2**2)
compute #r111 = #m111 / (#q1 * #q2 * #q3)
end-work
compute #y1 = 1 - #r110**2
compute #y2 = #r120 - #r210 * #r110
```

compute #y3 = #r220 - #r210**2 - #r110**2

compute #s1 = #r011 - #r110 * #r101

compute #s2 = #r111 - #r210 * #r101

compute #c1 = #y1 * #y3 - #y2**2

compute #d1 = #y1 * #s2 - #y2 * #s1

compute #s1y1 = #s1 / #y1

compute #freemem = #srz - #r101 * #sra * #q3 / #q1 - #s1y1 * #srm * #q3 / #q2 + #s1y1 * #r110 * #sra * #q3 / #q1

compute #b = #r101 * #q3 / #q1 - #s1y1 * #r110 * #q3 / #q1

compute #c = #s1y1 * #q3 / #q2

2. Расчет данных всех лесничеств (по фитомассе и по приростам фитомассы)

if #poroda = 'Лиственница'

if #mm(1) = 0

move 0 to #pbm(1)

move 0 to #lnpbm(1)

move 0 to ural.h1

move 0 to #g(4)

move 0 to ural.f1

move 0 to #g(2)

move 0 to ural.g1

move 0 to #g(3)

move 0 to ural.i1

move 0 to #g(5)

move 0 to ural.j1

move 0 to #g(6)

else

compute #pbexp(1) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(1) + db2coefp.b3 * #lna2(1) + db2coefp.b4 * #lnm(1) + #lnm(1)

compute #pb(1) = exp(#pbexp(1))

move #pb(1) to ural.h1

move #pb(1) to #g(4)

compute #pbm(1) = #pb(1) / #mm(1)

compute #lnpbm(1) = log(#pbm(1))

```
compute #pstexp(1) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(1) + db2coefp.a3 *
#lna2(1) + db2coefp.a4 * #lnm(1) + db2coefp.a5 * #lnpbm(1)
compute #pst(1) = exp(#pstexp(1))
move #pst(1) to ural.f1
move #pst(1) to #g(2)
compute #pfexp(1) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(1) + db2coefp.c3 *
#lna2(1) + db2coefp.c4 * #lnm(1) + db2coefp.c5 * #lnpbm(1) + #lnm(1)
compute #pf(1) = exp(#pfexp(1))
move #pf(1) to ural.g1
move #pf(1) to #g(3)
compute #prexp(1) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(1) + db2coefp.d3 *
#lna2(1) + db2coefp.d4 * #lnm(1) + db2coefp.d5 * #lnpbm(1)
compute #pr(1) = exp(#prexp(1))
move #pr(1) to ural.i1
move #pr(1) to #g(5)
compute #puexp(1) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(1) + db2coefp.f3 *
#lna2(1) + db2coefp.f4 * #lnm(1) + db2coefp.f5 * #lnpbm(1)
compute #pu(1) = exp(#puexp(1))
move #pu(1) to ural.j1
move #pu(1) to #g(6)
end-if
if #mm(2) = 0
move 0 to #pbm(2)
move 0 to #lnpbm(2)
move 0 to ural.h2
move 0 to #g(10)
move 0 to ural.f2
move 0 to #g(8)
move 0 to ural.g2
move 0 to #g(9)
move 0 to ural.i2
move 0 to #g(11)
move 0 to ural.j2
move 0 to #g(12)
```

```
else
compute #pbexp(2) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(2) + db2coefp.b3 *
#lna2(2) + db2coefp.b4 * #lnm(2) + #lnm(2)
compute #pb(2) = exp(#pbexp(2))
move #pb(2) to ural.h2
move #pb(2) to #g(10)
compute #pbm(2) = #pb(2) / #mm(2)
compute #lnpbm(2) = log(#pbm(2))
compute #pstexp(2) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(2) + db2coefp.a3 *
#lna2(2) + db2coefp.a4 * #lnm(2) + db2coefp.a5 * #lnpbm(2)
compute #pst(2) = exp(#pstexp(2))
move #pst(2) to ural.f2
move #pst(2) to #g(8)
compute #pfexp(2) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(2) + db2coefp.c3 *
#lna2(2) + db2coefp.c4 * #lnm(2) + db2coefp.c5 * #lnpbm(2) + #lnm(2)
compute #pf(2) = exp(#pfexp(2))
move #pf(2) to ural.g2
move #pf(2) to #g(9)
compute #prexp(2) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(2) + db2coefp.d3 *
#lna2(2) + db2coefp.d4 * #lnm(2) + db2coefp.d5 * #lnpbm(2)
compute #pr(2) = exp(#prexp(2))
move #pr(2) to ural.i2
move #pr(2) to #g(11)
compute #puexp(2) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(2) + db2coefp.f3 *
#lna2(2) + db2coefp.f4 * #lnm(2) + db2coefp.f5 * #lnpbm(2)
compute #pu(2) = exp(#puexp(2))
move #pu(2) to ural.j2
move #pu(2) to #g(12)
end-if
if #mm(3) = 0
move 0 to #pbm(3)
move 0 to #lnpbm(3)
move 0 to ural.h3
move 0 to #g(16)
```

```
move 0 to ural.f3
move 0 to #g(14)
move 0 to ural.g3
move 0 to #g(15)
move 0 to ural.i3
move 0 to #g(17)
move 0 to ural.j3
move 0 to #g(18)
else
compute #pbexp(3) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(3) + db2coefp.b3 *
#lna2(3) + db2coefp.b4 * #lnm(3) + #lnm(3)
compute #pb(3) = exp(#pbexp(3))
move #pb(3) to ural.h3
move #pb(3) to #g(16)
compute #pbm(3) = #pb(3) / #mm(3)
compute #lnpbm(3) = log(#pbm(3))
compute #pstexp(3) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(3) + db2coefp.a3 *
#lna2(3) + db2coefp.a4 * #lnm(3) + db2coefp.a5 * #lnpbm(3)
compute #pst(3) = exp(#pstexp(3))
move #pst(3) to ural.f3
move #pst(3) to #g(14)
compute #pfexp(3) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(3) + db2coefp.c3 *
#lna2(3) + db2coefp.c4 * #lnm(3) + db2coefp.c5 * #lnpbm(3) + #lnm(3)
compute #pf(3) = exp(#pfexp(3))
move #pf(3) to ural.g3
move #pf(3) to #g(15)
compute #prexp(3) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(3) + db2coefp.d3 *
#lna2(3) + db2coefp.d4 * #lnm(3) + db2coefp.d5 * #lnpbm(3)
compute #pr(3) = exp(#prexp(3))
move #pr(3) to ural.i3
move #pr(3) to #g(17)
compute #puexp(3) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(3) + db2coefp.f3 *
#lna2(3) + db2coefp.f4 * #lnm(3) + db2coefp.f5 * #lnpbm(3)
compute #pu(3) = exp(#puexp(3))
```

```
move #pu(3) to ural.j3
move #pu(3) to #g(18)
end-if
if #mm(4) = 0
move 0 to #pbm(4)
move 0 to #lnpbm(4)
move 0 to ural.h4
move 0 to #g(22)
move 0 to ural.f4
move 0 to #g(20)
move 0 to ural.g4
move 0 to #g(21)
move 0 to ural.i4
move 0 to #g(23)
move 0 to ural.j4
move 0 to #g(24)
else
compute #pbexp(4) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(4) + db2coefp.b3 *
#lna2(4) + db2coefp.b4 * #lnm(4) + #lnm(4)
compute #pb(4) = exp(#pbexp(4))
move #pb(4) to ural.h4
move #pb(4) to #g(22)
compute #pbm(4) = #pb(4) / #mm(4)
compute #lnpbm(4) = log(#pbm(4))
compute #pstexp(4) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(4) + db2coefp.a3 *
#lna2(4) + db2coefp.a4 * #lnm(4) + db2coefp.a5 * #lnpbm(4)
compute #pst(4) = exp(#pstexp(4))
move #pst(4) to ural.f4
move #pst(4) to #g(20)
compute #pfexp(4) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(4) + db2coefp.c3 *
#lna2(4) + db2coefp.c4 * #lnm(4) + db2coefp.c5 * #lnpbm(4) + #lnm(4)
compute #pf(4) = exp(#pfexp(4))
move #pf(4) to ural.g4
move #pf(4) to #g(21)
```

```
compute #prexp(4) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(4) + db2coefp.d3 *
#lna2(4) + db2coefp.d4 * #lnm(4) + db2coefp.d5 * #lnpbm(4)
compute #pr(4) = exp(#prexp(4))
move #pr(4) to ural.i4
move #pr(4) to #g(23)
compute #puexp(4) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(4) + db2coefp.f3 *
#lna2(4) + db2coefp.f4 * #lnm(4) + db2coefp.f5 * #lnpbm(4)
compute #pu(4) = exp(#puexp(4))
move #pu(4) to ural.j4
move #pu(4) to #g(24)
end-if
if #mm(5) = 0
move 0 to #pbm(5)
move 0 to #lnpbm(5)
move 0 to ural.h5
move 0 to #g(28)
move 0 to ural.f5
move 0 to #g(26)
move 0 to ural.g5
move 0 to #g(27)
move 0 to ural.i5
move 0 to #g(29)
move 0 to ural.j5
move 0 to #g(30)
else
compute #pbexp(5) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(5) + db2coefp.b3 *
#lna2(5) + db2coefp.b4 * #lnm(5) + #lnm(5)
compute #pb(5) = exp(#pbexp(5))
move #pb(5) to ural.h5
move #pb(5) to #g(28)
compute #pbm(5) = #pb(5) / #mm(5)
compute #lnpbm(5) = log(#pbm(5))
compute #pstexp(5) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(5) + db2coefp.a3 *
#lna2(5) + db2coefp.a4 * #lnm(5) + db2coefp.a5 * #lnpbm(5)
```

```
compute #pst(5) = exp(#pstexp(5))
move #pst(5) to ural.f5
move #pst(5) to #g(26)
compute #pfexp(5) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(5) + db2coefp.c3 * #lna2(5) + db2coefp.c4 * #lnm(5) + db2coefp.c5 * #lnpbm(5) + #lnm(5)
compute #pf(5) = exp(#pfexp(5))
move #pf(5) to ural.g5
move #pf(5) to #g(27)
compute #prexp(5) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(5) + db2coefp.d3 * #lna2(5) + db2coefp.d4 * #lnm(5) + db2coefp.d5 * #lnpbm(5)
compute #pr(5) = exp(#prexp(5))
move #pr(5) to ural.i5
move #pr(5) to #g(29)
compute #puexp(5) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(5) + db2coefp.f3 * #lna2(5) + db2coefp.f4 * #lnm(5) + db2coefp.f5 * #lnpbm(5)
compute #pu(5) = exp(#puexp(5))
move #pu(5) to ural.j5
move #pu(5) to #g(30)
end-if
end-if

if #poroda = 'Береза' or #poroda = 'Сосна' or #poroda = 'Осина' or #poroda = 'Ольха черная' or #poroda = 'Кедр' or #poroda = 'Пихта'
if #mm(1) = 0
move 0 to #pbm(1)
move 0 to #lnpbm(1)
move 0 to ural.g1
move 0 to #g(3)
move 0 to ural.f1
move 0 to #g(2)
move 0 to ural.h1
move 0 to #g(4)
move 0 to ural.i1
move 0 to #g(5)
```

```
move 0 to ural.j1
move 0 to #g(6)
else
compute #pfexp(1) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(1) + db2coefp.c3 * #lna2(1) + db2coefp.c4 * #lnm(1) + #lnm(1)
compute #pf(1) = exp(#pfexp(1))
move #pf(1) to ural.g1
move #pf(1) to #g(3)
compute #pbm(1) = #pf(1) / #mm(1)
compute #lnpbm(1) = log(#pbm(1))
compute #pstexp(1) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(1) + db2coefp.a3 * #lna2(1) + db2coefp.a4 * #lnm(1) + db2coefp.a5 * #lnpbm(1)
compute #pst(1) = exp(#pstexp(1))
move #pst(1) to ural.f1
move #pst(1) to #g(2)
compute #pbexp(1) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(1) + db2coefp.b3 * #lna2(1) + db2coefp.b4 * #lnm(1) + db2coefp.b5 * #lnpbm(1) + #lnm(1)
compute #pb(1) = exp(#pbexp(1))
move #pb(1) to ural.h1
move #pb(1) to #g(4)
compute #prexp(1) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(1) + db2coefp.d3 * #lna2(1) + db2coefp.d4 * #lnm(1) + db2coefp.d5 * #lnpbm(1)
compute #pr(1) = exp(#prexp(1))
move #pr(1) to ural.i1
move #pr(1) to #g(5)
compute #puexp(1) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(1) + db2coefp.f3 * #lna2(1) + db2coefp.f4 * #lnm(1) + db2coefp.f5 * #lnpbm(1) + #lnm(1)
compute #pu(1) = exp(#puexp(1))
move #pu(1) to ural.j1
move #pu(1) to #g(6)
end-if
if #mm(2) = 0
move 0 to #pbm(2)
move 0 to #lnpbm(2)
```

```
move 0 to ural.g2
move 0 to #g(9)
move 0 to ural.f2
move 0 to #g(8)
move 0 to ural.h2
move 0 to #g(10)
move 0 to ural.i2
move 0 to #g(11)
move 0 to ural.j2
move 0 to #g(12)
else
compute #pfexp(2) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(2) + db2coefp.c3 *
#lna2(2) + db2coefp.c4 * #lnm(2) + #lnm(2)
compute #pf(2) = exp(#pfexp(2))
move #pf(2) to ural.g2
move #pf(2) to #g(9)
compute #pbm(2) = #pf(2) / #mm(2)
compute #lnpbm(2) = log(#pbm(2))
compute #pstexp(2) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(2) + db2coefp.a3 *
#lna2(2) + db2coefp.a4 * #lnm(2) + db2coefp.a5 * #lnpbm(2)
compute #pst(2) = exp(#pstexp(2))
move #pst(2) to ural.f2
move #pst(2) to #g(8)
compute #pbexp(2) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(2) + db2coefp.b3 *
#lna2(2) + db2coefp.b4 * #lnm(2) + db2coefp.b5 * #lnpbm(2) + #lnm(2)
compute #pb(2) = exp(#pbexp(2))
move #pb(2) to ural.h2
move #pb(2) to #g(10)
compute #prexp(2) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(2) + db2coefp.d3 *
#lna2(2) + db2coefp.d4 * #lnm(2) + db2coefp.d5 * #lnpbm(2)
compute #pr(2) = exp(#prexp(2))
move #pr(2) to ural.i2
move #pr(2) to #g(11)
```

```
compute #puexp(2) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(2) + db2coefp.f3 *
#lna2(2) + db2coefp.f4 * #lnm(2) + db2coefp.f5 * #lnpbm(2) + #lnm(2)
compute #pu(2) = exp(#puexp(2))
move #pu(2) to ural.j2
move #pu(2) to #g(12)
end-if
if #mm(3) = 0
move 0 to #pbm(3)
move 0 to #lnpbm(3)
move 0 to ural.g3
move 0 to #g(15)
move 0 to ural.f3
move 0 to #g(14)
move 0 to ural.h3
move 0 to #g(16)
move 0 to ural.i3
move 0 to #g(17)
move 0 to ural.j3
move 0 to #g(18)
else
compute #pfexp(3) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(3) + db2coefp.c3 *
#lna2(3) + db2coefp.c4 * #lnm(3) + #lnm(3)
compute #pf(3) = exp(#pfexp(3))
move #pf(3) to ural.g3
move #pf(3) to #g(15)
compute #pbm(3) = #pf(3) / #mm(3)
compute #lnpbm(3) = log(#pbm(3))
compute #pstexp(3) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(3) + db2coefp.a3 *
#lna2(3) + db2coefp.a4 * #lnm(3) + db2coefp.a5 * #lnpbm(3)
compute #pst(3) = exp(#pstexp(3))
move #pst(3) to ural.f3
move #pst(3) to #g(14)
compute #pbexp(3) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(3) + db2coefp.b3 *
#lna2(3) + db2coefp.b4 * #lnm(3) + db2coefp.b5 * #lnpbm(3) + #lnm(3)
```

```
compute #pb(3) = exp(#pbexp(3))
move #pb(3) to ural.h3
move #pb(3) to #g(16)
compute #prexp(3) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(3) + db2coefp.d3 * #lna2(3) + db2coefp.d4 * #lnm(3) + db2coefp.d5 * #lnpbm(3)
compute #pr(3) = exp(#prexp(3))
move #pr(3) to ural.i3
move #pr(3) to #g(17)
compute #puexp(3) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(3) + db2coefp.f3 * #lna2(3) + db2coefp.f4 * #lnm(3) + db2coefp.f5 * #lnpbm(3) + #lnm(3)
compute #pu(3) = exp(#puexp(3))
move #pu(3) to ural.j2
move #pu(3) to #g(18)
end-if
if #mm(4) = 0
move 0 to #pbm(4)
move 0 to #lnpbm(4)
move 0 to ural.g4
move 0 to #g(21)
move 0 to ural.f4
move 0 to #g(20)
move 0 to ural.h4
move 0 to #g(22)
move 0 to ural.i4
move 0 to #g(23)
move 0 to ural.j4
move 0 to #g(24)
else
compute #pfexp(4) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(4) + db2coefp.c3 * #lna2(4) + db2coefp.c4 * #lnm(4) + #lnm(4)
compute #pf(4) = exp(#pfexp(4))
move #pf(4) to ural.g4
move #pf(4) to #g(21)
compute #pbm(4) = #pf(4) / #mm(4)
```

```
compute #lnpbm(4) = log(#pbm(4))
compute #pstexp(4) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(4) + db2coefp.a3 * #lna2(4) + db2coefp.a4 * #lnm(4) + db2coefp.a5 * #lnpbm(4)
compute #pst(4) = exp(#pstexp(4))
move #pst(4) to ural.f4
move #pst(4) to #g(20)
compute #pbexp(4) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(4) + db2coefp.b3 * #lna2(4) + db2coefp.b4 * #lnm(4) + db2coefp.b5 * #lnpbm(4) + #lnm(4)
compute #pb(4) = exp(#pbexp(4))
move #pb(4) to ural.h4
move #pb(4) to #g(22)
compute #prexp(4) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(4) + db2coefp.d3 * #lna2(4) + db2coefp.d4 * #lnm(4) + db2coefp.d5 * #lnpbm(4)
compute #pr(4) = exp(#prexp(4))
move #pr(4) to ural.i4
move #pr(4) to #g(23)
compute #puexp(4) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(4) + db2coefp.f3 * #lna2(4) + db2coefp.f4 * #lnm(4) + db2coefp.f5 * #lnpbm(4) + #lnm(4)
compute #pu(4) = exp(#puexp(4))
move #pu(4) to ural.j2
move #pu(4) to #g(24)
end-if
if #mm(5) = 0
move 0 to #pbm(5)
move 0 to #lnpbm(5)
move 0 to ural.g5
move 0 to #g(27)
move 0 to ural.f5
move 0 to #g(26)
move 0 to ural.h5
move 0 to #g(28)
move 0 to ural.i5
move 0 to #g(29)
move 0 to ural.j5
```

```
move 0 to #g(30)
else
compute #pfexp(5) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(5) + db2coefp.c3 * #lna2(5) + db2coefp.c4 * #lnm(5) + #lnm(5)
compute #pf(5) = exp(#pfexp(5))
move #pf(5) to ural.g5
move #pf(5) to #g(27)
compute #pbm(5) = #pf(5) / #mm(5)
compute #lnpbm(5) = log(#pbm(5))
compute #pstexp(5) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(5) + db2coefp.a3 * #lna2(5) + db2coefp.a4 * #lnm(5) + db2coefp.a5 * #lnpbm(5)
compute #pst(5) = exp(#pstexp(5))
move #pst(5) to ural.f5
move #pst(5) to #g(26)
compute #pbexp(5) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(5) + db2coefp.b3 * #lna2(5) + db2coefp.b4 * #lnm(5) + db2coefp.b5 * #lnpbm(5) + #lnm(5)
compute #pb(5) = exp(#pbexp(5))
move #pb(5) to ural.h5
move #pb(5) to #g(28)
compute #prexp(5) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(5) + db2coefp.d3 * #lna2(5) + db2coefp.d4 * #lnm(5) + db2coefp.d5 * #lnpbm(5)
compute #pr(5) = exp(#prexp(5))
move #pr(5) to ural.i5
move #pr(5) to #g(29)
compute #puexp(5) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(5) + db2coefp.f3 * #lna2(5) + db2coefp.f4 * #lnm(5) + db2coefp.f5 * #lnpbm(5) + #lnm(5)
compute #pu(5) = exp(#puexp(5))
move #pu(5) to ural.j2
move #pu(5) to #g(30)
end-if
end-if

if #poroda = 'Ель' or #poroda = 'Ольха серая'
if #mm(1) = 0
```

```
move 0 to #pbm(1)
move 0 to #lnpbm(1)
move 0 to ural.g1
move 0 to #g(3)
move 0 to ural.f1
move 0 to #g(2)
move 0 to ural.h1
move 0 to #g(4)
move 0 to ural.i1
move 0 to #g(5)
move 0 to ural.j1
move 0 to #g(6)
else
compute #pfexp(1) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(1) + db2coefp.c3 * #lna2(1) + db2coefp.c4 * #lnm(1) + #lnm(1)
compute #pf(1) = exp(#pfexp(1))
move #pf(1) to ural.g1
move #pf(1) to #g(3)
compute #pbm(1) = #pf(1) / #mm(1)
compute #lnpbm(1) = log(#pbm(1))
compute #pstexp(1) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(1) + db2coefp.a3 * #lna2(1) + db2coefp.a4 * #lnm(1) + db2coefp.a5 * #lnpbm(1)
compute #pst(1) = exp(#pstexp(1))
move #pst(1) to ural.f1
move #pst(1) to #g(2)
compute #pbexp(1) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(1) + db2coefp.b3 * #lna2(1) + db2coefp.b4 * #lnm(1) + db2coefp.b5 * #lnpbm(1) + #lnm(1)
compute #pb(1) = exp(#pbexp(1))
move #pb(1) to ural.h1
move #pb(1) to #g(4)
compute #prexp(1) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(1) + db2coefp.d3 * #lna2(1) + db2coefp.d4 * #lnm(1) + db2coefp.d5 * #lnpbm(1) + #lnm(1)
compute #pr(1) = exp(#prexp(1))
move #pr(1) to ural.i1
```

```
move #pr(1) to #g(5)
compute #puexp(1) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(1) + db2coefp.f3 * #lna2(1) + db2coefp.f4 * #lnm(1) + db2coefp.f5 * #lnpbm(1) + #lnm(1)
compute #pu(1) = exp(#puexp(1))
move #pu(1) to ural.j1
move #pu(1) to #g(6)
end-if
if #mm(2) = 0
move 0 to #pbm(2)
move 0 to #lnpbm(2)
move 0 to ural.g2
move 0 to #g(9)
move 0 to ural.f2
move 0 to #g(8)
move 0 to ural.h2
move 0 to #g(10)
move 0 to ural.i2
move 0 to #g(11)
move 0 to ural.j2
move 0 to #g(12)
else
compute #pfexp(2) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(2) + db2coefp.c3 * #lna2(2) + db2coefp.c4 * #lnm(2) + #lnm(2)
compute #pf(2) = exp(#pfexp(2))
move #pf(2) to ural.g2
move #pf(2) to #g(9)
compute #pbm(2) = #pf(2) / #mm(2)
compute #lnpbm(2) = log(#pbm(2))
compute #pstexp(2) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(2) + db2coefp.a3 * #lna2(2) + db2coefp.a4 * #lnm(2) + db2coefp.a5 * #lnpbm(2)
compute #pst(2) = exp(#pstexp(2))
move #pst(2) to ural.f2
move #pst(2) to #g(8)
```

```
compute #pbexp(2) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(2) + db2coefp.b3 *
#lna2(2) + db2coefp.b4 * #lnm(2) + db2coefp.b5 * #lnpbm(2) + #lnm(2)
compute #pb(2) = exp(#pbexp(2))
move #pb(2) to ural.h2
move #pb(2) to #g(10)
compute #prexp(2) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(2) + db2coefp.d3 *
#lna2(2) + db2coefp.d4 * #lnm(2) + db2coefp.d5 * #lnpbm(2) + #lnm(2)
compute #pr(2) = exp(#prexp(2))
move #pr(2) to ural.i2
move #pr(2) to #g(11)
compute #puexp(2) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(2) + db2coefp.f3 *
#lna2(2) + db2coefp.f4 * #lnm(2) + db2coefp.f5 * #lnpbm(2) + #lnm(2)
compute #pu(2) = exp(#puexp(2))
move #pu(2) to ural.j2
move #pu(2) to #g(12)
end-if
if #mm(3) = 0
move 0 to #pbm(3)
move 0 to #lnpbm(3)
move 0 to ural.g3
move 0 to #g(15)
move 0 to ural.f3
move 0 to #g(14)
move 0 to ural.h3
move 0 to #g(16)
move 0 to ural.i3
move 0 to #g(17)
move 0 to ural.j3
move 0 to #g(18)
else
compute #pfexp(3) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(3) + db2coefp.c3 *
#lna2(3) + db2coefp.c4 * #lnm(3) + #lnm(3)
compute #pf(3) = exp(#pfexp(3))
move #pf(3) to ural.g3
```

```
move #pf(3) to #g(15)
compute #pbm(3) = #pf(3) / #mm(3)
compute #lnpbm(3) = log(#pbm(3))
compute #pstexp(3) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(3) + db2coefp.a3 *
#lna2(3) + db2coefp.a4 * #lnm(3) + db2coefp.a5 * #lnpbm(3)
compute #pst(3) = exp(#pstexp(3))
move #pst(3) to ural.f3
move #pst(3) to #g(14)
compute #pbexp(3) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(3) + db2coefp.b3 *
#lna2(3) + db2coefp.b4 * #lnm(3) + db2coefp.b5 * #lnpbm(3) + #lnm(3)
compute #pb(3) = exp(#pbexp(3))
move #pb(3) to ural.h3
move #pb(3) to #g(16)
compute #prexp(3) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(3) + db2coefp.d3 *
#lna2(3) + db2coefp.d4 * #lnm(3) + db2coefp.d5 * #lnpbm(3) + #lnm(3)
compute #pr(3) = exp(#prexp(3))
move #pr(3) to ural.i3
move #pr(3) to #g(17)
compute #puexp(3) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(3) + db2coefp.f3 *
#lna2(3) + db2coefp.f4 * #lnm(3) + db2coefp.f5 * #lnpbm(3) + #lnm(3)
compute #pu(3) = exp(#puexp(3))
move #pu(3) to ural.j3
move #pu(3) to #g(18)
end-if
if #mm(4) = 0
move 0 to #pbm(4)
move 0 to #lnpbm(4)
move 0 to ural.g4
move 0 to #g(21)
move 0 to ural.f4
move 0 to #g(20)
move 0 to ural.h4
move 0 to #g(22)
move 0 to ural.i4
```

```
move 0 to #g(23)
move 0 to ural.j4
move 0 to #g(24)
else
compute #pfexp(4) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(4) + db2coefp.c3 * #lna2(4) + db2coefp.c4 * #lnm(4) + #lnm(4)
compute #pf(4) = exp(#pfexp(4))
move #pf(4) to ural.g4
move #pf(4) to #g(21)
compute #pbm(4) = #pf(4) / #mm(4)
compute #lnpbm(4) = log(#pbm(4))
compute #pstexp(4) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(4) + db2coefp.a3 * #lna2(4) + db2coefp.a4 * #lnm(4) + db2coefp.a5 * #lnpbm(4)
compute #pst(4) = exp(#pstexp(4))
move #pst(4) to ural.f4
move #pst(4) to #g(20)
compute #pbexp(4) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(4) + db2coefp.b3 * #lna2(4) + db2coefp.b4 * #lnm(4) + db2coefp.b5 * #lnpbm(4) + #lnm(4)
compute #pb(4) = exp(#pbexp(4))
move #pb(4) to ural.h4
move #pb(4) to #g(22)
compute #prexp(4) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(4) + db2coefp.d3 * #lna2(4) + db2coefp.d4 * #lnm(4) + db2coefp.d5 * #lnpbm(4) + #lnm(4)
compute #pr(4) = exp(#prexp(4))
move #pr(4) to ural.i4
move #pr(4) to #g(23)
compute #puexp(4) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(4) + db2coefp.f3 * #lna2(4) + db2coefp.f4 * #lnm(4) + db2coefp.f5 * #lnpbm(4) + #lnm(4)
compute #pu(4) = exp(#puexp(4))
move #pu(4) to ural.j4
move #pu(4) to #g(24)
end-if
if #mm(5) = 0
move 0 to #pbm(5)
```

```
move 0 to #lnpbm(5)
move 0 to ural.g5
move 0 to #g(27)
move 0 to ural.f5
move 0 to #g(26)
move 0 to ural.h5
move 0 to #g(28)
move 0 to ural.i5
move 0 to #g(29)
move 0 to ural.j5
move 0 to #g(30)
else
compute #pfexp(5) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(5) + db2coefp.c3 *
#lna2(5) + db2coefp.c4 * #lnm(5) + #lnm(5)
compute #pf(5) = exp(#pfexp(5))
move #pf(5) to ural.g5
move #pf(5) to #g(27)
compute #pbm(5) = #pf(5) / #mm(5)
compute #lnpbm(5) = log(#pbm(5))
compute #pstexp(5) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(5) + db2coefp.a3 *
#lna2(5) + db2coefp.a4 * #lnm(5) + db2coefp.a5 * #lnpbm(5)
compute #pst(5) = exp(#pstexp(5))
move #pst(5) to ural.f5
move #pst(5) to #g(26)
compute #pbexp(5) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(5) + db2coefp.b3 *
#lna2(5) + db2coefp.b4 * #lnm(5) + db2coefp.b5 * #lnpbm(5) + #lnm(5)
compute #pb(5) = exp(#pbexp(5))
move #pb(5) to ural.h5
move #pb(5) to #g(28)
compute #prexp(5) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(5) + db2coefp.d3 *
#lna2(5) + db2coefp.d4 * #lnm(5) + db2coefp.d5 * #lnpbm(5) + #lnm(5)
compute #pr(5) = exp(#prexp(5))
move #pr(5) to ural.i5
move #pr(5) to #g(29)
```

```
compute #puexp(5) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(5) + db2coefp.f3 * #lna2(5) + db2coefp.f4 * #lnm(5) + db2coefp.f5 * #lnpbm(5) + #lnm(5)
compute #pu(5) = exp(#puexp(5))
move #pu(5) to ural.j5
move #pu(5) to #g(30)
end-if
end-if

if #poroda = 'Липа'
if #mm(1) = 0
move 0 to #pbm(1)
move 0 to #lnpbm(1)
move 0 to ural.g1
move 0 to #g(3)
move 0 to ural.f1
move 0 to #g(2)
move 0 to ural.h1
move 0 to #g(4)
move 0 to ural.i1
move 0 to #g(5)
move 0 to ural.j1
move 0 to #g(6)
else
compute #lna4(1) = #lna(1)**4
compute #pfexp(1) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(1) + db2coefp.c3 * #lna2(1) + db2coefp.c4 * #lnm(1) + db2coefp.c5 * #lnpbm(1) + db2coefp.c6 * #lna4(1) + db2coefp.h4 * #pst(1) + #lnm(1)
compute #pf(1) = exp(#pfexp(1))
move #pf(1) to ural.g1
move #pf(1) to #g(3)
compute #lnpbm(1) = log(#pf(1))
compute #pstexp(1) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(1) + db2coefp.a3 * #lna2(1) + db2coefp.a4 * #lnm(1) + db2coefp.a5 * #lnpbm(1) + db2coefp.a6 * #lna4(1) + db2coefp.h4 * #pst(1)
```

```
compute #pst(1) = exp(#pstexp(1))
move #pst(1) to ural.f1
move #pst(1) to #g(2)
compute #pbexp(1) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(1) + db2coefp.b3 *
#lna2(1) + db2coefp.b4 * #lnm(1) + db2coefp.b5 * #lnpbm(1) + db2coefp.b6 *
#lna4(1) + db2coefp.h4 * #pst(1) + #lnm(1)
compute #pb(1) = exp(#pbexp(1))
move #pb(1) to ural.h1
move #pb(1) to #g(4)
compute #prexp(1) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(1) + db2coefp.d3 *
#lna2(1) + db2coefp.d4 * #lnm(1) + db2coefp.d5 * #lnpbm(1) + db2coefp.d6 *
#lna4(1) + db2coefp.h4 * #pst(1) + #lnm(1)
compute #pr(1) = exp(#prexp(1))
move #pr(1) to ural.i1
move #pr(1) to #g(5)
compute #puexp(1) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(1) + db2coefp.f3 *
#lna2(1) + db2coefp.f4 * #lnm(1) + db2coefp.f5 * #lnpbm(1) + db2coefp.f6 *
#lna4(1) + db2coefp.h4 * #pst(1) + #lnm(1)
compute #pu(1) = exp(#puexp(1))
move #pu(1) to ural.j1
move #pu(1) to #g(6)
end-if
if #mm(2) = 0
move 0 to #pbm(2)
move 0 to #lnpbm(2)
move 0 to ural.g2
move 0 to #g(9)
move 0 to ural.f2
move 0 to #g(8)
move 0 to ural.h2
move 0 to #g(10)
move 0 to ural.i2
move 0 to #g(11)
move 0 to ural.j2
```

```
move 0 to #g(12)
else
compute #lna4(2) = #lna(2)**4
compute #pfexp(2) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 * #lna(2) + db2coefp.c3 *
#lna2(2) + db2coefp.c4 * #lnm(2) + db2coefp.c5 * #lnpbm(2) + db2coefp.c6 *
#lna4(2) + db2coefp.h4 * #pst(2) + #lnm(2)
compute #pf(2) = exp(#pfexp(2))
move #pf(2) to ural.g2
move #pf(2) to #g(9)
compute #lnpbm(2) = log(#pf(2))
compute #pstexp(2) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 * #lna(2) + db2coefp.a3 *
#lna2(2) + db2coefp.a4 * #lnm(2) + db2coefp.a5 * #lnpbm(2) + db2coefp.a6 *
#lna4(2) + db2coefp.h4 * #pst(2)
compute #pst(2) = exp(#pstexp(2))
move #pst(2) to ural.f2
move #pst(2) to #g(8)
compute #pbexp(2) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 * #lna(2) + db2coefp.b3 *
#lna2(2) + db2coefp.b4 * #lnm(2) + db2coefp.b5 * #lnpbm(2) + db2coefp.b6 *
#lna4(2) + db2coefp.h4 * #pst(2) + #lnm(2)
compute #pb(2) = exp(#pbexp(2))
move #pb(2) to ural.h2
move #pb(2) to #g(10)
compute #prexp(2) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 * #lna(2) + db2coefp.d3 *
#lna2(2) + db2coefp.d4 * #lnm(2) + db2coefp.d5 * #lnpbm(2) + db2coefp.d6 *
#lna4(2) + db2coefp.h4 * #pst(2) + #lnm(2)
compute #pr(2) = exp(#prexp(2))
move #pr(2) to ural.i2
move #pr(2) to #g(11)
compute #puexp(2) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 * #lna(2) + db2coefp.f3 *
#lna2(2) + db2coefp.f4 * #lnm(2) + db2coefp.f5 * #lnpbm(2) + db2coefp.f6 *
#lna4(2) + db2coefp.h4 * #pst(2) + #lnm(2)
compute #pu(2) = exp(#puexp(2))
move #pu(2) to ural.j2
move #pu(2) to #g(12)
end-if
```

```
if #mm(3) = 0
move 0 to #pbm(3)
move 0 to #lnpbm(3)
move 0 to ural.g3
move 0 to #g(15)
move 0 to ural.f3
move 0 to #g(14)
move 0 to ural.h3
move 0 to #g(16)
move 0 to ural.i3
move 0 to #g(17)
move 0 to ural.j3
move 0 to #g(18)
else
compute #lna4(3) = #lna(3)**4
compute #pfexp(3) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(3) + db2coefp.c3 *
#lna2(3) + db2coefp.c4 * #lnm(3) + db2coefp.c5 * #lnpbm(3) + db2coefp.c6 *
#lna4(3) + db2coefp.h4 * #pst(3) + #lnm(3)
compute #pf(3) = exp(#pfexp(3))
move #pf(3) to ural.g3
move #pf(3) to #g(15)
compute #lnpbm(3) = log(#pf(3))
compute #pstexp(3) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(3) + db2coefp.a3 *
#lna2(3) + db2coefp.a4 * #lnm(3) + db2coefp.a5 * #lnpbm(3) + db2coefp.a6 *
#lna4(3) + db2coefp.h4 * #pst(3)
compute #pst(3) = exp(#pstexp(3))
move #pst(3) to ural.f3
move #pst(3) to #g(14)
compute #pbexp(3) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(3) + db2coefp.b3 *
#lna2(3) + db2coefp.b4 * #lnm(3) + db2coefp.b5 * #lnpbm(3) + db2coefp.b6 *
#lna4(3) + db2coefp.h4 * #pst(3) + #lnm(3)
compute #pb(3) = exp(#pbexp(3))
move #pb(3) to ural.h3
move #pb(3) to #g(16)
```

```
compute #prexp(3) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(3) + db2coefp.d3 *
#lna2(3) + db2coefp.d4 * #lnm(3) + db2coefp.d5 * #lnpbm(3) + db2coefp.d6 *
#lna4(3) + db2coefp.h4 * #pst(3) + #lnm(3)

compute #pr(3) = exp(#prexp(3))

move #pr(3) to ural.i3

move #pr(3) to #g(17)

compute #puexp(3) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(3) + db2coefp.f3 *
#lna2(3) + db2coefp.f4 * #lnm(3) + db2coefp.f5 * #lnpbm(3) + db2coefp.f6 *
#lna4(3) + db2coefp.h4 * #pst(3) + #lnm(3)

compute #pu(3) = exp(#puexp(3))

move #pu(3) to ural.j3

move #pu(3) to #g(18)

end-if

if #mm(4) = 0

move 0 to #pbm(4)

move 0 to #lnpbm(4)

move 0 to ural.g4

move 0 to #g(21)

move 0 to ural.f4

move 0 to #g(20)

move 0 to ural.h4

move 0 to #g(22)

move 0 to ural.i4

move 0 to #g(23)

move 0 to ural.j4

move 0 to #g(24)

else

compute #lna4(4) = #lna(4)**4

compute #pfexp(4) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(4) + db2coefp.c3 *
#lna2(4) + db2coefp.c4 * #lnm(4) + db2coefp.c5 * #lnpbm(4) + db2coefp.c6 *
#lna4(4) + db2coefp.h4 * #pst(4) + #lnm(4)

compute #pf(4) = exp(#pfexp(4))

move #pf(4) to ural.g4

move #pf(4) to #g(21)
```

```
compute #lnpbm(4) = log(#pf(4))

compute #pstexp(4) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(4) + db2coefp.a3 *
#lna2(4) + db2coefp.a4 * #lnm(4) + db2coefp.a5 * #lnpbm(4) + db2coefp.a6 *
#lna4(4) + db2coefp.h4 * #pst(4)

compute #pst(4) = exp(#pstexp(4))

move #pst(4) to ural.f4

move #pst(4) to #g(20)

compute #pbexp(4) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(4) + db2coefp.b3 *
#lna2(4) + db2coefp.b4 * #lnm(4) + db2coefp.b5 * #lnpbm(4) + db2coefp.b6 *
#lna4(4) + db2coefp.h4 * #pst(4) + #lnm(4)

compute #pb(4) = exp(#pbexp(4))

move #pb(4) to ural.h4

move #pb(4) to #g(22)

compute #prexp(4) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(4) + db2coefp.d3 *
#lna2(4) + db2coefp.d4 * #lnm(4) + db2coefp.d5 * #lnpbm(4) + db2coefp.d6 *
#lna4(4) + db2coefp.h4 * #pst(4) + #lnm(4)

compute #pr(4) = exp(#prexp(4))

move #pr(4) to ural.i4

move #pr(4) to #g(23)

compute #puexp(4) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(4) + db2coefp.f3 *
#lna2(4) + db2coefp.f4 * #lnm(4) + db2coefp.f5 * #lnpbm(4) + db2coefp.f6 *
#lna4(4) + db2coefp.h4 * #pst(4) + #lnm(4)

compute #pu(4) = exp(#puexp(4))

move #pu(4) to ural.j4

move #pu(4) to #g(24)

end-if

if #mm(5) = 0

move 0 to #pbm(5)

move 0 to #lnpbm(5)

move 0 to ural.g5

move 0 to #g(27)

move 0 to ural.f5

move 0 to #g(26)

move 0 to ural.h5

move 0 to #g(28)
```

```
move 0 to ural.i5
move 0 to #g(29)
move 0 to ural.j5
move 0 to #g(30)
else
compute #lna4(5) = #lna(5)**4
compute #pfexp(5) = db2coefp.c1 + db2coefp.c2 *  #lna(5) + db2coefp.c3 *
#lna2(5) + db2coefp.c4 * #lnm(5) + db2coefp.c5 * #lnpbm(5) + db2coefp.c6 *
#lna4(5) + db2coefp.h4 * #pst(5) + #lnm(5)
compute #pf(5) = exp(#pfexp(5))
move #pf(5) to ural.g5
move #pf(5) to #g(27)
compute #lnpbm(5) = log(#pf(5))
compute #pstexp(5) = db2coefp.a1 + db2coefp.a2 *  #lna(5) + db2coefp.a3 *
#lna2(5) + db2coefp.a4 * #lnm(5) + db2coefp.a5 * #lnpbm(5) + db2coefp.a6 *
#lna4(5) + db2coefp.h4 * #pst(5)
compute #pst(5) = exp(#pstexp(5))
move #pst(5) to ural.f5
move #pst(5) to #g(26)
compute #pbexp(5) = db2coefp.b1 + db2coefp.b2 *  #lna(5) + db2coefp.b3 *
#lna2(5) + db2coefp.b4 * #lnm(5) + db2coefp.b5 * #lnpbm(5) + db2coefp.b6 *
#lna4(5) + db2coefp.h4 * #pst(5) + #lnm(5)
compute #pb(5) = exp(#pbexp(5))
move #pb(5) to ural.h5
move #pb(5) to #g(28)
compute #prexp(5) = db2coefp.d1 + db2coefp.d2 *  #lna(5) + db2coefp.d3 *
#lna2(5) + db2coefp.d4 * #lnm(5) + db2coefp.d5 * #lnpbm(5) + db2coefp.d6 *
#lna4(5) + db2coefp.h4 * #pst(5) + #lnm(5)
compute #pr(5) = exp(#prexp(5))
move #pr(5) to ural.i5
move #pr(5) to #g(29)
compute #puexp(5) = db2coefp.f1 + db2coefp.f2 *  #lna(5) + db2coefp.f3 *
#lna2(5) + db2coefp.f4 * #lnm(5) + db2coefp.f5 * #lnpbm(5) + db2coefp.f6 *
#lna4(5) + db2coefp.h4 * #pst(5) + #lnm(5)
compute #pu(5) = exp(#puexp(5))
```

```
move #pu(5) to ural.j5
move #pu(5) to #g(30)
end-if
end-if
end-find
```

3. Расчет t-критерия Стьюдента

```
compute #loga = log (#zh(1))
compute #logm = log (#zh(2))
compute #logz = log (#zh(3))
compute #fxi = #freemem + #loga*#b + #logm*#c
compute #yi-fxi = #logz - #fxi
compute #yi-fxi2 = #yi-fxi**2
assign #sumyi-fxi2 := #sumyi-fxi2 + #yi-fxi2
compute #s = #sumyi-fxi2 / (#num - 2 - 1)
compute #x1-2 = #loga**2
compute #x2-2 = #logm**2
assign #sumx1-2 := #sumx1-2 + #x1-2
assign #sumx2-2 := #sumx2-2 + #x2-2
compute #sb2 = (#s * #num) / (#num * #sumx1-2 - #suma**2)
compute #sc2 = (#s * #num) / (#num * #sumx2-2 - #summ**2)
compute #sb = #sb2**0.5
compute #sc = #sc2**0.5
compute #tb = #b / #sb
compute #tc = #c / #sc
```

Научное издание

Михаил Петрович Воронов
Владимир Андреевич Усольцев
Виктор Петрович Часовских

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ ДЕПОНИРУЕМОГО ЛЕСАМИ УГЛЕРОДА В СРЕДЕ NATURAL

Монография: электронное издание

Второе издание
исправленное и дополненное

ISBN 978-5-94984-426-7

9 785949 844267

Компьютерная верстка **М.П. Воронова**

Уральский государственный лесотехнический университет
620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37