

**Выводы**

В условиях сухой степи при равных лесорастительных условиях лесные культуры, созданные квадратным размещением посадочных мест, имеют преимущества в росте в течение первых 20-25 лет перед рядовым размещением. С возрастом посадок имеющиеся различия сглаживаются, что приводит к формированию в возрасте приспевания близких по продуктивности древостоев.

В сухих условиях ленточных боров создание лесных культур квадратным размещением посадочных мест следует признать нецелесообразным. Здесь при посадке леса следует придерживаться рядового размещения посадочных мест.

**Библиографический список**

1. Смирнов В.Е. Эффективность квадратных посадок сосны / В.Е. Смирнов //

Тр. по лесному хозяйству. Новосибирск, 1958. Вып. 4. С. 302-305.

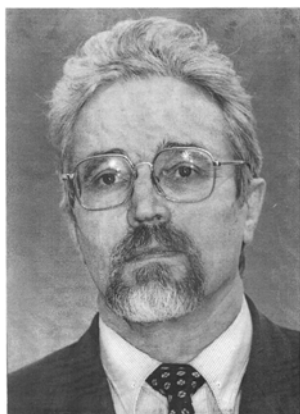
2. Смирнов В.Е. Полувековой опыт лесовосстановления в ленточных борах Казахстана и Алтая / В.Е. Смирнов. Алма-Ата, 1966. 130 с.

3. Векшегонов В.Я. Квадратные посеы и посадки леса / В.Я. Вершегонов // Изд-во АН СССР, 1953.

4. Рубцов В.И. Лесные культуры как одна из мер повышения прироста лесов / В.И. Рубцов // Повышение продуктивности лесных площадей ЦЧО / Воронежский ЛТИ. Воронеж, 1956.

5. Грибанов Л.Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана / Л.Н. Грибанов. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. 156 с.

6. Справочник по таксации лесов Казахстана. Алма-Ата, 1980. 313 с.



УДК 551.588.6:581.132 (470.22)

**В.А. Усольцев,  
М.П. Воронов,  
Н.В. Накай**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ И КАРТИРОВАНИЯ  
УГЛЕРОДА, ДЕПОНИРУЕМОГО ЛЕСНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ,  
В СРЕДЕ *ADABAS* И *NATURAL***

**Ключевые слова:** углерод фитомассы, насаждение, концентрация двуокиси углерода, сток углерода, автоматизированная система управления базами данных, пространственный анализ.

**Введение**

В настоящее время в условиях непрерывного наращивания производственных мощностей промышленными предприятиями мира, постоянно ухудшающейся экологической обстановки и острой угро-

зы экологической катастрофы борьба с загрязнением окружающей среды представляется особенно актуальной. К сожалению, состояние окружающей среды в РФ и в мире за последние 10 лет принципиально не изменилось к лучшему. Наибольшую экологическую угрозу представляют следующие факторы: возрастание риска техногенных катастроф, загрязнение продуктов питания, ухудшение качества питьевой воды, деградация возобновляемых природных ресурсов, глобальные изменения климата и загрязнение атмосферы, в том числе парниковыми газами.

Ущерб от загрязнения атмосферы год от года становится все более ощутимым. По данным российских экологов основной вклад в общий выброс парниковых газов принадлежит  $\text{CO}_2$ , источником которого служит, главным образом, энергетический сектор – сжигание ископаемого топлива [1-3]. Самым негативным последствием нарастания уровня  $\text{CO}_2$  в атмосфере является повышение ее температуры благодаря парниковому эффекту. В целях решения данной проблемы в декабре 1997 г. в г. Киото (Япония) был принят Протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата. В этом Протоколе, помимо прочего, содержатся количественные обязательства развитых стран и стран с переходной экономикой, включая Россию, по ограничению и снижению выбросов парниковых газов, прежде всего  $\text{CO}_2$ , в атмосферу в 2008-2012 гг. 23 октября 2004 г. Государственная Дума РФ приняла решение о ратификации Киотского Протокола.

#### Объекты и методы исследования

Для выполнения требований Протокола представляется целесообразным создание системы мониторинга загрязнения окружающей среды. В основе данной системы лежит идея определения уровня загрязнения окружающей среды РФ на основе анализа количества депонированного углерода лесными экосистемами Сибирской зоны. В настоящий момент, на основе исследований профессора В.А. Усольцева создается информационная система пространственного анализа депонирования углерода (ИСПАДУ) в среде ADABAS и Natural.

Мониторинг предполагается проводить путем обработки результатов ИСПАДУ средствами специализированной системы в среде ADABAS и Natural. В данный мо-

мент в рамках ИСПАДУ включены данные по всем лесничествам (бывшим лесхозам) Уральского региона. БД ИСПАДУ может быть дополнена данными по другим регионам с дальнейшим расширением охвата территории до масштабов страны.

В рамках ИСПАДУ выполнено совмещение данных о фитомассе и материалов Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) на основе СУБД ADABAS с последующим тиражированием данных в приложения Natural в следующей последовательности:

- 1) фактические данные фитомассы насаждений, полученные на пробных площадях;
- 2) регрессионные модели фитомассы насаждений, включающие в качестве регрессоров характеристики насаждений по данным Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ);
- 3) матрицы территориального распределения покрытых лесом площадей по преобладающим древесным породам;
- 4) матрицы территориального распределения углеродного пула, в которых входами служат показатели ГУЛФ;
- 5) карты-схемы территориального распределения углеродного пула в фитомассе лесов по Уральскому региону.

#### Результаты и их обсуждение

Примеры созданных в среде ADABAS и Natural управляющих приложений ИСПАДУ показаны на рисунках 1 и 2.

В ИСПАДУ на основе данных о запасе фитомассы на пробных площадях составляются уравнения зависимости фитомассы (УЗФ) каждой фракции (стволов, листья, ветвей, корней и нижних ярусов, обозначаемых как  $P_{st}$ ,  $P_l$ ,  $P_b$ ,  $P_r$  и  $P_u$ , т/га) от возраста и запаса насаждений.

Для получения коэффициентов УЗФ был использован способ Чебышева [4]. Далее путем совмещения УЗФ с данными ГУЛФ о занимаемых площадях и запасах стволовой древесины каждой из лесообразующих пород по территориальным образованиям рассчитывается запас углерода путем умножения фитомассы на коэффициент 0,5 [5]. Результаты расчетов могут быть представлены в виде карты-схемы (рис. 3). Годичное депонирование углерода находится путем умножения значений запаса углерода на соответствующий коэффициент [6].

Для отображения результатов на интерактивной карте произведено совмещение БД и управляющих приложений, выпол-

няемых в среде ADABAS и Natural с картографическим редактором MapInfo Professional 9.5. Алгоритмы расчетов, методы получения данных на пробных площадях и специфика БД ИСПАДУ представлены в работах В.А. Усольцева (2007, 2001), описание и специфика среды реализации СУБД ADABAS и Natural – в работах В.А. Усольцева, В.П. Часовских, М.П. Воронова и др. (2008, 2006) [7-11].

Для мониторинга загрязнения окружающей среды необходимо проводить постоянные измерения содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере. В России такие измерения проводятся на станции Териберка (69°12 с.ш., 35°06 в.д.). Согласно данным станции Териберка за период 1997-2007 гг. наблюдались следующие значения и годовой рост концентрации CO<sub>2</sub> и углерода в атмосфере (табл.) [1].

редактирование данных

данные для расчета

Лесничество: Алапаевское | Порода: Ель

расчет | редактирование исходных данных  
поиск | редактировать

Группа возраста 1 Площадь, га: 6631 Запас, м3: 67200	Группа возраста 2 Площадь, га: 5019 Запас, м3: 341100	Группа возраста 3 Площадь, га: 7366 Запас, м3: 1278900	Группа возраста 4 Площадь, га: 4777 Запас, м3: 1181800	Группа возраста 5 Площадь, га: 11089 Запас, м3: 2305600
--	---	--	--	---

результаты расчета

Группа возраста 1 Запас м3/га: 10,13 Pst, т/га: 4,99 Pf, т/га: 6,05 Pb, т/га: 3,74 Pr, т/га: 22,09 Pu, т/га: 21,84	Группа возраста 2 Запас м3/га: 67,96 Pst, т/га: 31,06 Pf, т/га: 7,30 Pb, т/га: 5,77 Pr, т/га: 29,09 Pu, т/га: 7,51	Группа возраста 3 Запас м3/га: 173,62 Pst, т/га: 76,48 Pf, т/га: 11,48 Pb, т/га: 10,82 Pr, т/га: 33,30 Pu, т/га: 4,44	Группа возраста 4 Запас м3/га: 247,39 Pst, т/га: 107,46 Pf, т/га: 11,96 Pb, т/га: 14,48 Pr, т/га: 35,05 Pu, т/га: 3,64	Группа возраста 5 Запас м3/га: 207,91 Pst, т/га: 90,93 Pf, т/га: 9,47 Pb, т/га: 14,86 Pr, т/га: 34,18 Pu, т/га: 4,01
--	--	---	--	--

Рис. 1. Приложение редактирования внесенных данных

поиск данных

критери поиска

Лесничество: Алапаевское | Порода: Ель | Группа возраста: 1

поиск

результаты поиска

Площадь, га: 6631,00	Pf, т/га: 6,06
Запас, м3: 67200,00	Pb, т/га: 3,75
Запас м3/га: 10,13	Pr, т/га: 22,10
Pst, т/га: 4,99	Pu, т/га: 21,84

Рис. 2. Приложение поиска данных

Концентрация и годовой рост концентрации  $CO_2$  в атмосфере по данным станции Териберка за период 1997-2007 гг.

Год	Пул метана		Изменение пула метана		Пул двуокиси С		Изменение пула двуокиси С	
	$CH_4$ , млрд <sup>-1</sup>	в том числе С, млрд <sup>-1</sup>	$\Delta CH_4$ , млрд <sup>-1</sup>	в том числе С, млрд <sup>-1</sup>	$CO_2$ , млн <sup>-1</sup>	в том числе С, млн <sup>-1</sup>	$\Delta CO_2$ , млн <sup>-1</sup>	в том числе С, млн <sup>-1</sup>
1997	1857,4	1393	16,9	13	365,9	98,8	2,5	0,7
1998	1871,3	1403	13,9	10	368,3	99,4	2,4	0,6
1999	1872,5	1404	1,2	1	370,8	100,1	2,5	0,7
2000	1867,4	1400	-5,1	-4	371,5	100,3	0,7	0,2
2001	1865,0	1399	-2,4	-1	373,2	100,8	1,7	0,5
2002	1862,6	1397	-2,4	-2	375,5	101,4	2,4	0,6
2003	1879,2	1409	16,7	12	377,6	102,0	2,1	0,6
2004	1871,7	1404	-7,5	-5	379,3	102,4	1,7	0,4
2005	1870,7	1403	-1,0	-1	381,4	103,0	2,0	0,6
2006	1871,3	1403	0,5	0	384,4	103,8	3,0	0,8
2007	1877,7	1408	6,4	5	384,6	103,9	0,2	0,1

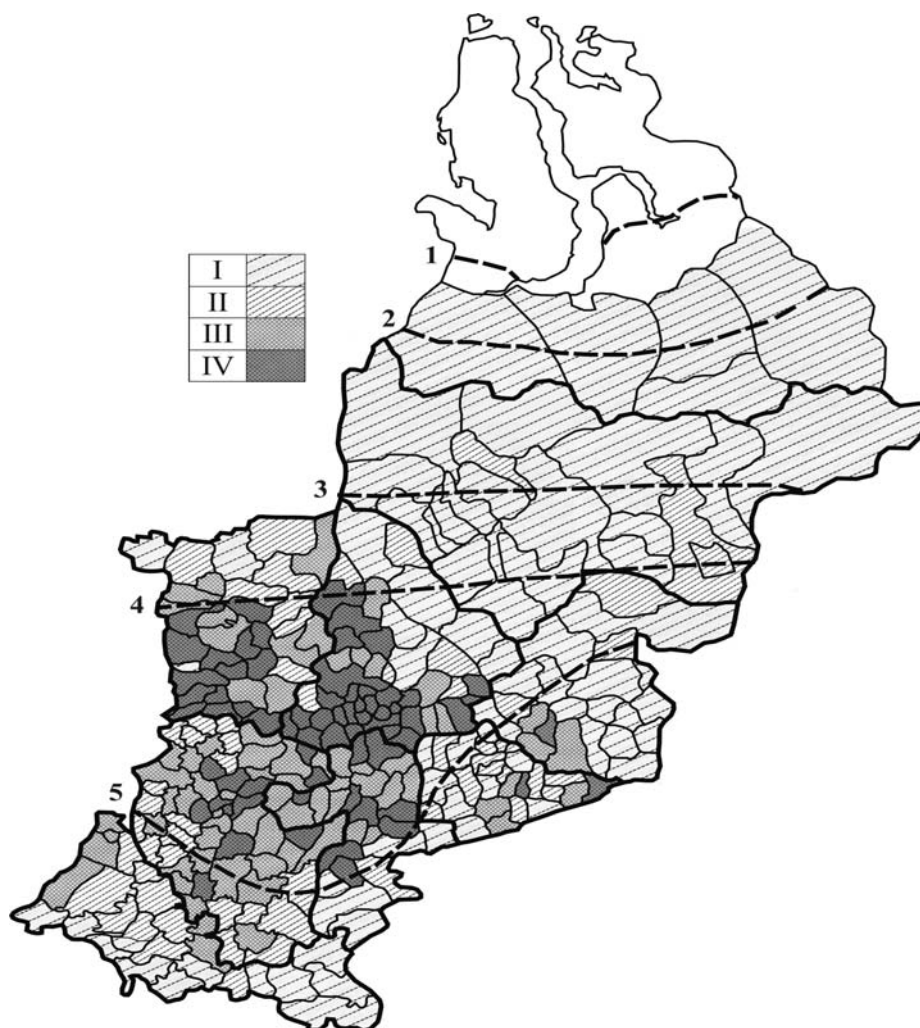


Рис. 3. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений в пределах Уральского региона в расчете на общую площадь. Градации запасов углерода, т/га:

I – 3,0-38,5; II – 38,5-46,5; III – 46,5-54,5; IV – 54,5-109,5.

Сплошной линией обозначены границы лесхозов, а пунктирной – южные границы:  
1 – тундра; 2 – лесотундра; 3 – северная тайга; 4 – средняя тайга; 5 – южная тайга

В целях повышения точности мониторинга желательно создание дополнительных измерительных станций по территории регионов РФ. В этом случае для расчетов будут использоваться не усредненные значения станции Териберка, скорректированные с учетом территориальных коэффициентов, характеризующих степень загрязненности в отдельных территориальных единицах, а эмпирические показания загрязненности в регионах.

Алгоритм информационной системы мониторинга загрязнения окружающей среды (ИСМЗОС) представлен на рисунке 4.

Согласно предложенному алгоритму (рис. 4) разность находится между расчетным значением депонирования углерода за определенный промежуток времени и данными станции Териберка об изменении концентрации  $\text{CO}_2$  и чистого углерода в атмосфере. Эта разница по сути является избытком  $\text{CO}_2$ , который не может быть депонирован растениями. Этот избыток  $\text{CO}_2$ , накапливаясь в атмосфере, становится источником негативных влияний на окружающую среду и при условии сохранения уровня выбросов  $\text{CO}_2$  приведет к необратимым последствиям на планете.

На основе устанавливаемых предельно допустимых (ПДК) и критических концентраций  $\text{CO}_2$  и сравнения с ними значения концентрации избыточного  $\text{CO}_2$  в атмосфере в ИСМЗОС возможно прогнозирование будущего уровня загрязнения окружающей среды.

### Заключение

Средства среды разработки ИСМЗОС позволяют отображать результаты в следующих формах:

- Интерактивная карта (рис. 3). По каждому региону и лесничеству при наведении курсора представляется информация о количестве депонированного углерода, избыточной концентрации  $\text{CO}_2$ , превышении предельно допустимой и критической концентраций.

- Отчет. Представление результатов в виде отчетной формы (рис. 5).

- Графическое представление. Динамика изменений массы депонируемого углерода и роста концентрации  $\text{CO}_2$ , вклады лесных насаждений различных групп возраста в общую массу депонируемого углерода по ее фракциям, а также прогноз уровня загрязнения могут быть представлены в виде диаграммы (рис. 6).

Основными преимуществами ИСМЗОС являются:

- Возможность автоматического пересчета значений депонированного углерода при изменении: а) данных о запасе фитомассы насаждений по пробным площадям и б) данных ГУЛФ. Синхронизация изменений БД с интерактивной картой.

- Возможность изменения данных о предельно допустимых и критических концентрациях  $\text{CO}_2$ .

- Возможность прогнозирования будущего состояния загрязнения окружающей среды.

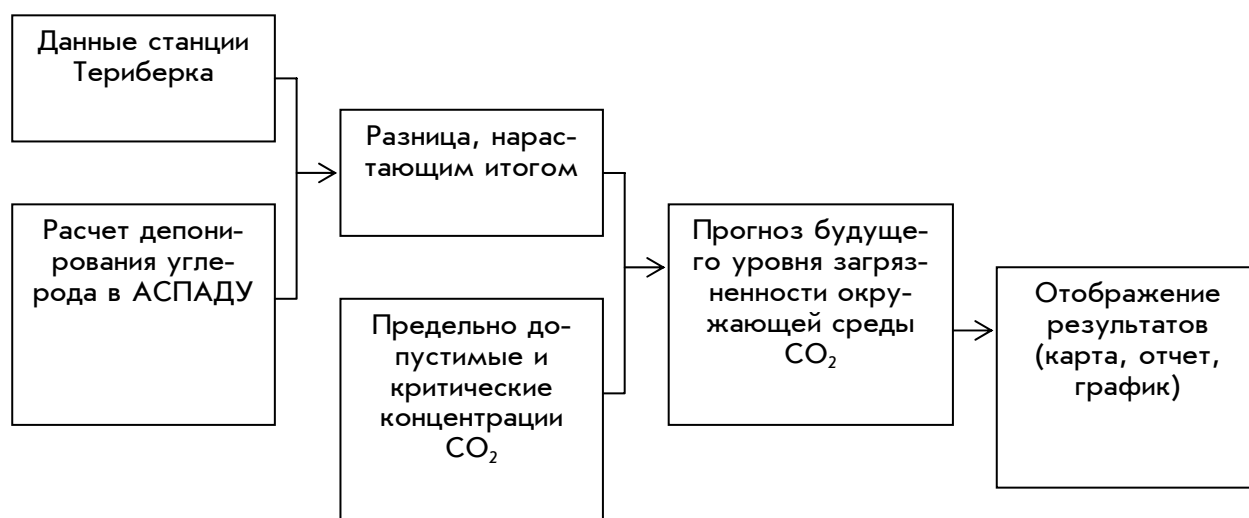


Рис. 4. Алгоритм информационной системы мониторинга загрязнения окружающей среды (ИСМЗОС)

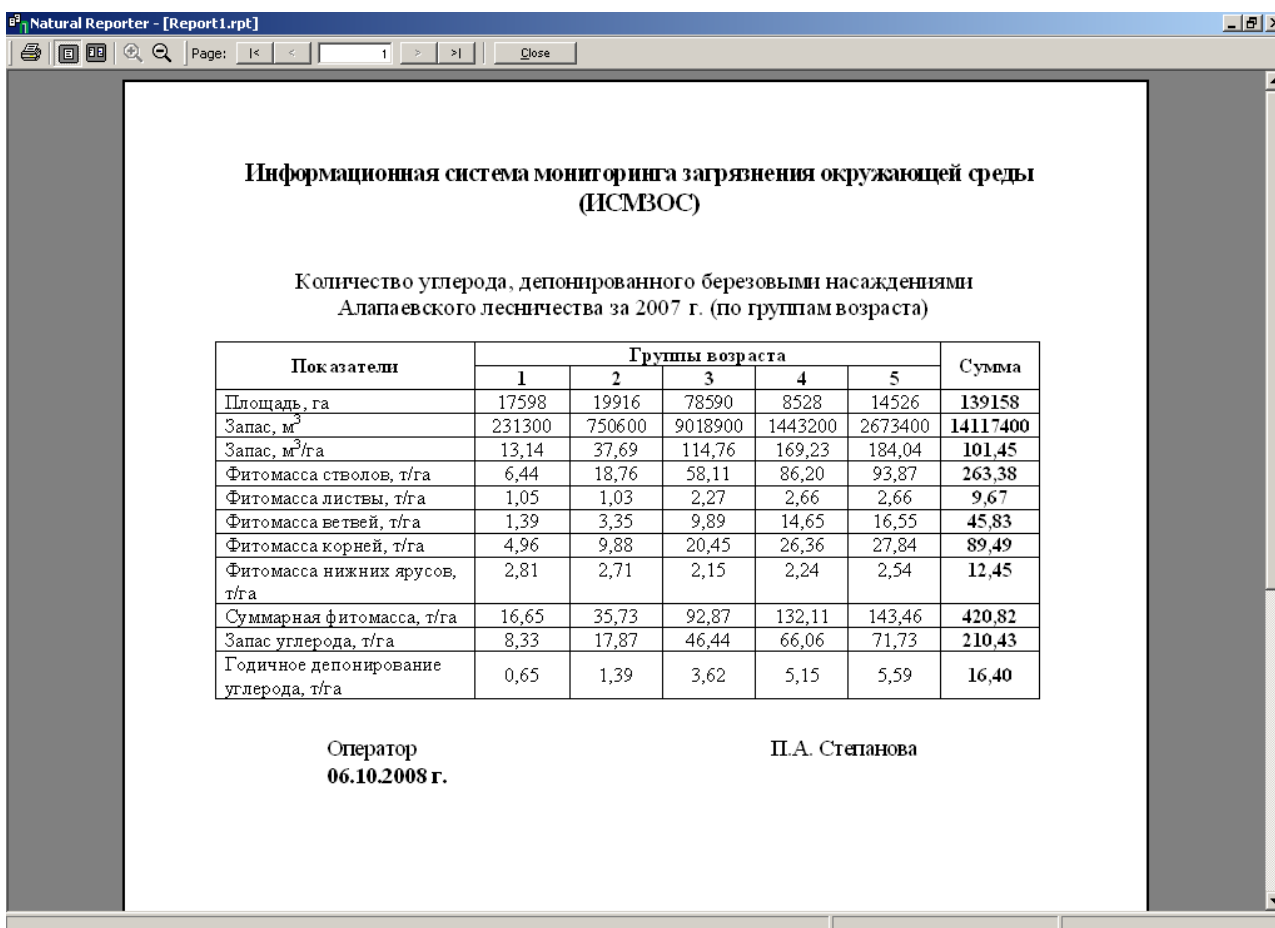


Рис. 5. Представление результатов в виде отчетной формы

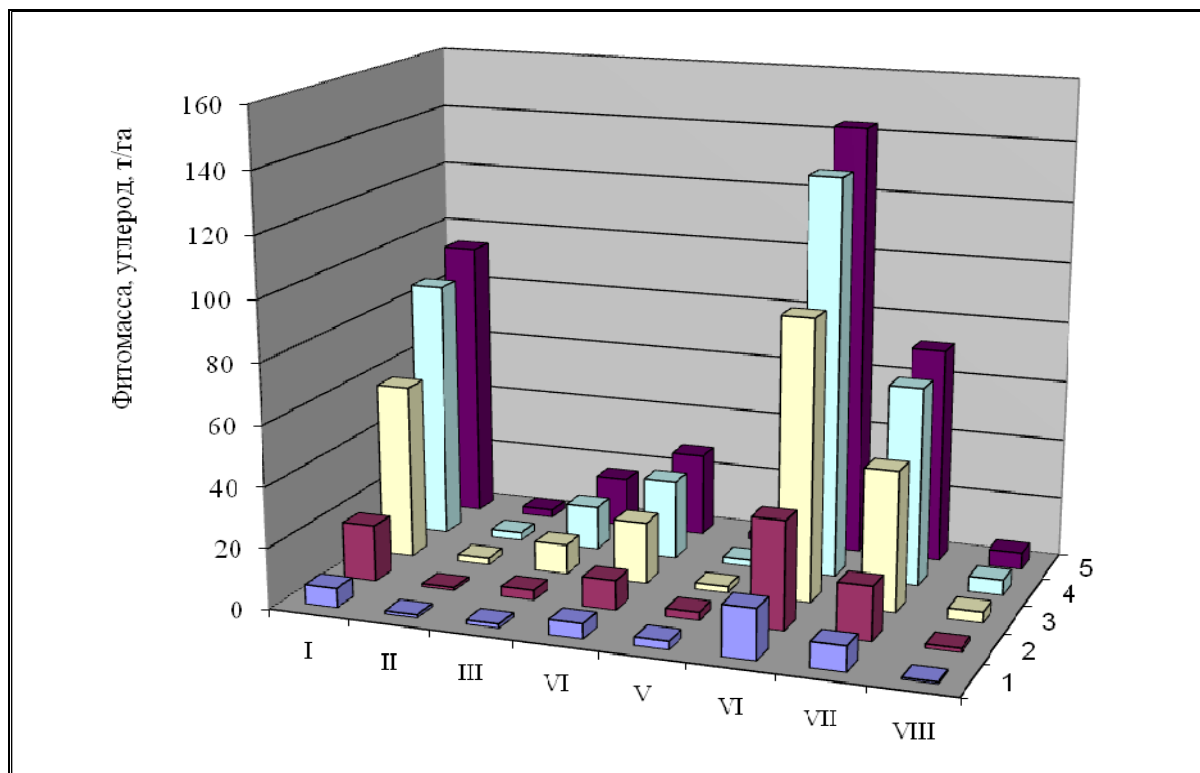


Рис. 6. Распределение фракционного состава фитомассы и депонирования углерода в лесном покрове Алапаевского лесничества по группам возраста насаждений: I-VI – фитомасса, соответственно, стволов, листьев, ветвей, корней, нижних ярусов и суммарная; VII – запас углерода; VIII – количество депонируемого углерода; 1-5 – группы возраста

**Библиографический список**

1. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2007 год. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2008. 164 с.
2. Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. М.: Высшая школа, 1998.
3. Ревель П. Среда нашего обитания / П. Ревель, Ч. Ревель; в 4 кн.; пер. с англ. М.: Мир, 1995.
4. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. М.: Наука, 1971. 576 с.
5. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла / К.И. Кобак. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 248 с.
6. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В.А. Усольцев. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с.
7. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география / В.А. Усольцев. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 707 с.
8. Усольцев В.А. Оценка углероддепонирующей способности лесов: от пробной площади – к автоматизированной сис-

теме пространственного анализа / В.А. Усольцев, В.П. Часовских, М.П. Воронов, М.А. Корец, В.П. Черкашин, Г.Б. Кофман, Е.В. Бараковских, М.М. Семышев, А.С. Касаткин, Н.В. Накай // Лесная таксация и лесоустройство. 2008. № 1 (39). С. 183-190.

9. Часовских В.П. Информационные технологии в управлении: СУБД ADABAS и проектирование приложений средствами NATURAL / В.П. Часовских, М.П. Воронов, А.С. Фатеркин. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 477 с.

10. Часовских В.П. Исследование системных связей и закономерностей функционирования корпоративной информационной системы лесопромышленного предприятия в среде ADABAS и Natural / В.П. Часовских, М.П. Воронов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. 120 с.

11. Часовских В.П. Информационные технологии управления / В.П. Часовских, Г.А. Акчурина, А.В. Слободин, М.В. Азаренок, М.П. Воронов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. 402 с.

*Работа поддержана РФФИ (грант № 07-07-96010) и Программой Президиума РАН «Биоразнообразию и генетика генофондов».*



УДК 533.6:628.5

**В.В. Реуцкая,  
Ю.Ф. Арефьев**

**БИОТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ  
СРЕДНЕРУССКОЙ ЛЕСОСТЕПИ  
КАК ОСНОВА ИХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**Ключевые слова:** зеленая зона, биоразнообразие, биоинтеграция, Среднерусская лесостепь.

**Введение**

Среднерусская лесостепь расположена в пределах среднерусской лесостепной