

БИОЛОГИЯ

УДК 581.5; 504.7

М.П. Воронов¹, В.П. Часовских¹, Ю.В. Норицина², Е.В. Марковская¹

¹Уральский государственный лесотехнический университет,
²Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

**АНАЛИЗ ДАННЫХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ:
ОТ ГРАФИЧЕСКОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ –
К МНОГОФАКТОРНЫМ ЭМПИРИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ
В ТЕРМИНАХ БИОГЕОГРАФИИ**



По определению А. Декандоля (De Candolle, 1855), “методы – это то, что характеризует сущность науки в каждую эпоху и чем определяется ее прогресс”. Во второй половине XX столетия таким основополагающим методом в науке стало математическое моделирование как одна из реализаций системного подхода к анализу сложных природных процессов. При построении модели объект заменяется той или иной математической абстракцией в целях выявления закономерностей его поведения или функционирования. Для математиков является аксиомой известный тезис, что знание некоторых закономерностей освобождает от необходимости знания очень многих фактов (Матвеев, Усольцев, 1991; Усольцев, 2003; Усольцев и др., 2012).

Поскольку оценка биологической продуктивности лесов основывается на получении фактических (эмпирических) данных фитомассы и чистой первичной продукции (ЧПП) деревьев и древостоев, при анализе искомых и получаемых закономерностей используются методы индуктивного (эмпирического) моделирования. В данной группе моделей идут “от эксперимента”, т.е. вначале в соответствии с постановкой задачи набирается эмпирический материал, который затем анализируется с выявлением тех или иных закономерностей.

Уже первые лесные таксаторы при составлении необходимых для практики оценочных таблиц, или таксационных нормативов, столкнулись со сложностью объектов таксации, их чрезвычайно высокой изменчивостью во времени и пространстве. Выход был найден в том, что набранный эмпирический материал группировался по основным 2-3 действующим факторам. Позднее В.В. Налимов (1971) назовет этот приём «планированием пассивного эксперимента». Например, объемы ствола той или иной породы группировались по его высоте и диаметру, запасы стволовой древесины – по возрасту и классам бонитета. Затем искомые показатели выравнивались графически по каждой из групп при фиксированных значениях других (Schwappach, 1908). Подеревные данные выравнивались графически, начиная с первых массовых таблиц 1886 г., затем - М.М. Орлова (1911) и А.А. Крюденера (1913) и заканчивая таблицами надземной фитомассы деревьев саксаула (Кричун, 1965).

При этом возникали вопросы точности, с какой «работают» те или иные таксационные нормативы. Ответы на подобные вопросы стали искать на основе методов математической статистики и регрессионного анализа. Исследуемые закономерности в

лесных экосистемах имеют стохастическую (строго не детерминированную) природу, и они основаны на таком понятии, как «корреляция». Термин «корреляция» (co-relation) был предложен Ф. Гальтоном в докладе на заседании Королевского общества (Galton, 1888). Если, кроме наличия корреляции, необходимо знать, насколько именно изменится один признак при известных изменениях других, то такая задача решается с помощью регрессионного анализа.

Основу регрессионного анализа составляет метод наименьших квадратов. Со времен Исаака Ньютона в течение 200 лет точные науки имели дело лишь с хорошо организованными системами, когда результаты исследований описывались легко интерпретируемыми функциональными связями, которым приписывалась роль абсолютных законов, а методология однофакторного эксперимента считалась единственно правильной (Налимов, 1971). В лесотаксационных исследованиях при составлении объёмных таблиц или таблиц хода роста древостоев стали рассчитывать парные зависимости искомого показателя от основного определяющего фактора при фиксированных остальных (например, зависимость объема ствола от его диаметра для разных разрядов высот деревьев). Подобный приём стал использоваться и при оценке фитомассы крон деревьев (Усольцев, 1971, 1972).

Отдельное направление в поиске парных связей представлено анализом аллометрических соотношений фракций фитомассы, а именно, как статической, так и онтогенетической аллометрией, в том числе на основе пайп-модели (Усольцев, 1973, 1976а,б; 1978; Усольцев, Сальников, 1993а,б; 1998; Usoltsev et al., 1993, 1998; Усольцев, 1993; Усольцев и др., 1994а,б,в,г,д,е,з,и; 1995а, 1996; Усольцев В.А., Усольцев А.В., 1996а,б; Усольцев, 1997, 1998; Усольцев и др., 1996а; 1998; Сальников и др., 2000; Hoffmann, Usoltsev, 2002).

В XIX веке биология еще не претендовала на статус количественной науки, и обработка результатов измерений деревьев и древостоев вплоть до 1970-х гг. сводилась к установлению парных зависимостей (Семечкина, 1978; Макаренко и др., 1978). По этой причине и в силу ограниченных возможностей вычислительной техники многофакторные методы анализа долгое время не применялись, хотя основы матричной алгебры, по алгоритмам которой рассчитываются коэффициенты многофакторной регрессии, были заложены еще в XVIII веке.

Преимущества многофакторного эксперимента в условиях плохо организованных (диффузных) систем были показаны Р. Фишером (Fisher, 1924) в 1920-е годы, а в 1930-е годы А.К. Митропольским (1937, 1939) предложены алгоритмы расчета многофакторных регрессий. Однако подвижников, которые бы отважились на подобные расчеты с помощью арифмометра, долгое время не находилось. Наступление 1980-х годов ознаменовалось в экологии «мистикой электронных вычислительных машин» (Тутубалин и др., 1999. С. 201), «регрессионным бумом» (Адлер, Горский, 1986. С. 7) и развитием методов планирования эксперимента (Налимов, Чернова, 1965). Регрессионный анализ стали считать «методом века» (Адлер, Горский, 1987).

Первые многофакторные регрессии для оценки массы листьев, ветвей и стволов деревьев были получены на арифмометре (Усольцев, Усольцева, 1977; Кричун и др., 1978) по алгоритмам Чебышева (Митропольский, 1971). Но в те же годы многофакторные методы регрессионного анализа стали успешно применяться на базе ЭВМ как в традиционных таксационных исследованиях (Мошкалёв, 1974; Никитин, Швиденко, 1978), так и в исследованиях фитомассы деревьев и древостоев (Токмурзин, Байзаков, 1971; Усольцев, Макаренко, 1978; Усольцев, 1979; Усольцев и др., 1979; Кричун, Усольцев, 1979; Усольцев, 1980; Усольцев, Кричун, 1982, 1983; Усольцев, 1983а,б,в; 1984а,б; 1985а,б,в,г,д,е; Лагунов и др., 1986; Усольцев, 1987).

Отдельное направление в поиске многофакторных зависимостей представлено моделями массы ветвей как микромоделей фитомассы деревьев, а также оценкой рас-

пределения массы ветвей и корней по их толщинам и вертикальному профилю надземной и подземной частей дерева (Fiedler, 1986; Усольцев, Крепкий, 1989, 1992, 1994; Усольцев, Нагимов, 1989; Usoltsev, 1989; Усольцев и др., 1990, 1991*a, б*; 1994*ж*; 1996*б*; 1997; 1999*a*; Demenev et al., 1990; Усольцев, Мельникова, 1993; Usoltsev, Крепкий, 1993, 1994; Usoltsev et al., 1995; Усольцев, Сальников, 1996, 1997; Усольцев, 1997, 2013; Усольцев, Кириллова, 1997; Hoffmann, Usoltsev, 2001).

Технический прогресс в информационных системах на первых порах стал опережать возможности его реализации при эмпирическом моделировании закономерностей, связанных с биологической продуктивностью деревьев и древостоев. При этом лесоводы, мало знакомые с принципами системного анализа, стали применять многофакторный регрессионный анализ чисто механически, не предваряя его качественным анализом, и, по сути, стали дискриминировать метод (Семечкина, 1978; Макаренко и др., 1978). В этой связи появился ряд статей, посвященных процедурам корректного формирования структуры регрессионных моделей (Никитин, Швиденко, 1978; Усольцев, 1985*a*, 1988*a*, 2002, 2007; Usoltsev, 2007*a*; Усольцев и др., 2002*a, б*; 2003).

При исследовании сложных систем изолированные оценки редко дают адекватные результаты, поскольку такие оценки будут не сбалансированы. При описании многофакторных закономерностей в исследовании структуры биологической продуктивности деревьев и древостоев независимые переменные могут быть частично или полностью взаимозависимы. Формируется система связанных уравнений, внутренне согласованных, в которой зависимая переменная одного из уравнений входит в последующее в качестве одной из независимых, зависимая переменная модели второго уровня входит в качестве одной из независимых переменных в модель третьего уровня и т.д., образуя своеобразную «цепочку» зависимостей (Четыркин, 1977). Метод был реализован вначале на продукционных показателях биогрупп (Усольцев, 1985*a, в, д*; 2003), а затем – при разработке многофакторных моделей фитомассы древостоев (Усольцев, 1988*a, б*).

Принцип построения связанных (рекурсивных) регрессионных моделей первых двух уровней показан на рис. 1 и 2. На первом уровне, например, рассчитывается зависимость среднего диаметра от возраста и густоты и затем строится ее график при заданном возрасте (кривые на горизонтальной плоскости на рис. 1 и 2). Затем рассчитывается зависимость фитомассы древостоя от возраста, густоты и среднего диаметра, строится соответствующая 3-мерная поверхность и проецируется на нее зависимость первого уровня. Последняя путём проецирования на вертикальные поверхности раскладывается на составляющие две зависимости фитомассы: от среднего диаметра и от густоты (см. рис. 1 и 2). Принцип получил развитие в различных приложениях, в разных аспектах для разных древесных пород (Усольцев, 1985*a, б, в, д, е*; 1987; 1988*a, б, в*; Usoltsev, 1988, 1989, 1990; Усольцев, Бедарева, 1992; Усольцев и др., 1993*a, б*; 1999*б*; 2000*a, б*; 2001*a*; Usoltsev, Hoffmann, 1997).

После принятия Киотского протокола лесной покров и его фитомасса стали рассматриваться в аспекте их биосферной углерододепонирующей функции и возможности стабилизации климата. Потребовалось формирование баз данных о биологической продуктивности лесов в планетарном масштабе, которые бы дали возможность проанализировать изменение их биопродуктивности по трансконтинентальным климатическим градиентам в рамках биогеографии (Усольцев, 1995; 2001; Lomolino et al., 2006). В течение последних двух десятилетий формировались подобные базы данных о структуре фитомассы и ЧПП лесов, вначале для Северной Евразии (Усольцев, 1994, 1995*a, б, в*; 1998*a, б*, 2001, 2007*б*; Усольцев и др., 1995*б*; 2002*г*; Усольцев и др., 2014), а затем – для всего евразийского континента, как на уровне лесных фитоценозов (более 8000 пробных площадей) (Усольцев, 2010; Usoltsev, 2013) (рис. 3), так и на уровне модельных деревьев (более 7300 единиц) (Усольцев и др., 2015*г*; Usoltsev, 2015; Усольцев, 2016*a*) (рис. 4).

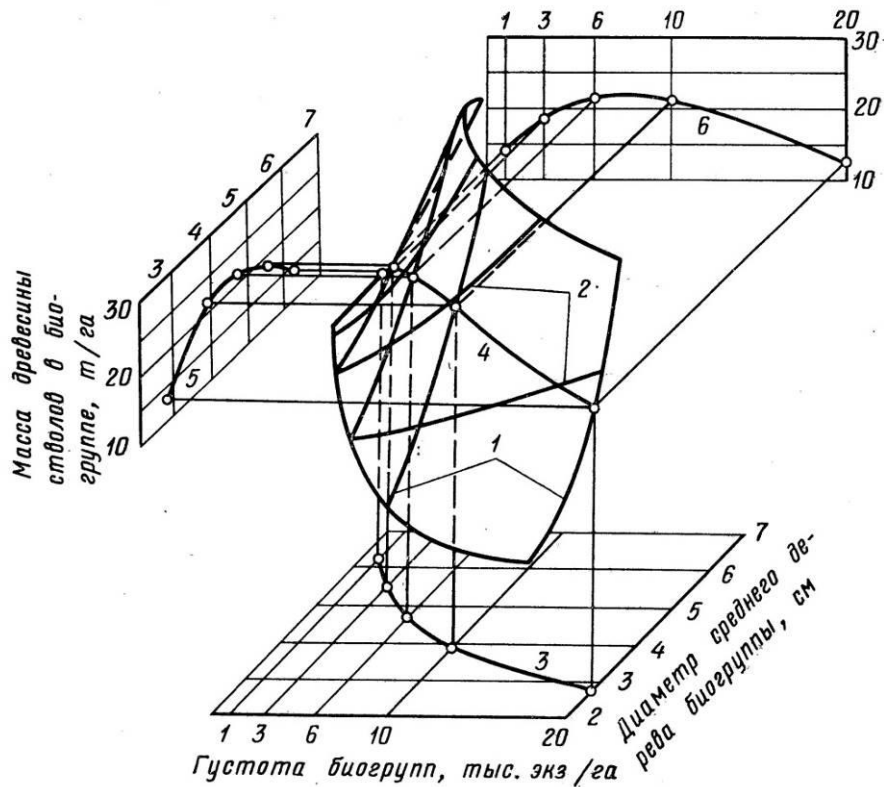


Рис. 1. Геометрическая интерпретация многофакторной рекурсивной зависимости массы стволов от возраста, среднего диаметра и густоты деревьев для березняков в возрасте 20 лет (Усольцев, 1985а,в,д; 2003).

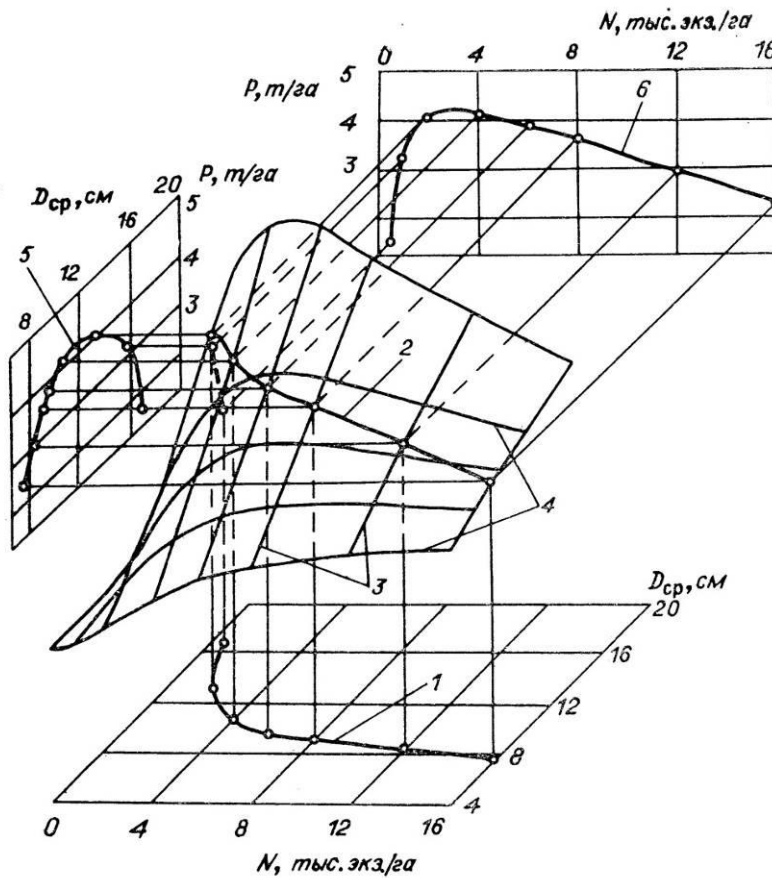


Рис. 2. Геометрическая интерпретация многофакторной рекурсивной зависимости массы листвы берёзовых древостоев от возраста, среднего диаметра ($D_{\text{ср}}$) и густоты (N) деревьев для березняков III класса бонитета в возрасте 50 лет (Усольцев, 1988а).

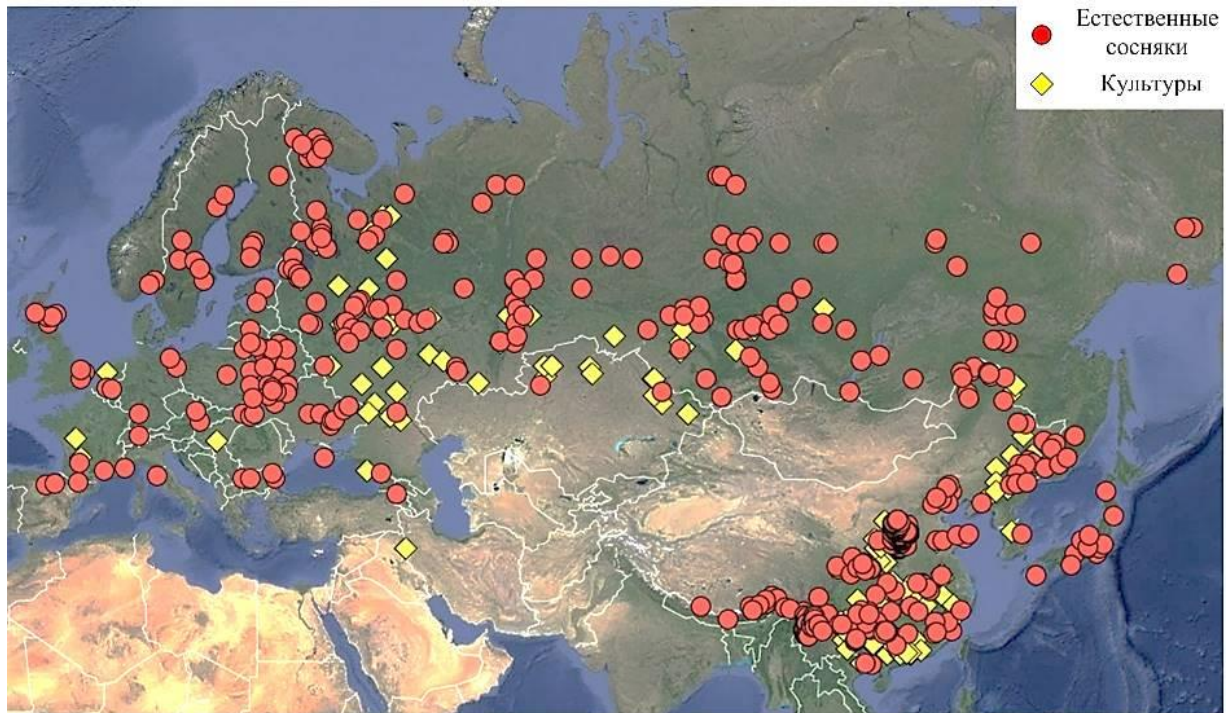


Рис. 3. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 3020 сосновых насаждений (подрод *Pinus*) на территории Евразии (Усольцев, 2016б).



Рис. 4. Распределение экспериментальных данных о фитомассе (кг) более 7300 модельных деревьев лесобразующих пород на территории Евразии (Усольцев, 2016а).

Был разработан метод приведения к сопоставимому виду фактических данных о фитомассе насаждений на пробных площадях, заложенных в лесных экосистемах Евразии, с последующим выявлением географических закономерностей распределения фитомассы насаждений. Дано обоснование принципов выделения экорегионов (Усольцев, 1998, 2001). В основу предложенной процедуры приведения фактических данных о фитомассе к сопоставимому виду положен метод так называемых блоковых фиктивных

переменных (Дрейпер, Смит, 1973), включаемых в многофакторное оценочное уравнение фитомассы наряду с массообразующими независимыми переменными.

Когда требуется количественно описать принадлежность той или иной совокупности пробных площадей к тому или иному региону и ранжировать упомянутые совокупности по ряду регионов, то эти совокупности можно закодировать числами натурального ряда, но нельзя их упорядочить. Такие переменные относятся к особому типу, и С.А. Айвазян с соавторами (1985) называют их номинальными. Чтобы «гармонизировать», или согласовать между собой регрессионные модели фитомассы насаждений для каждого экорегиона, их необходимо объединить в систему. Подобная система, в которой описание признаков (независимых переменных) можно закодировать, но нельзя упорядочить, получила распространение в эконометрии под названием блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973). В ряде работ (Усольцев, 1998, 2001, 2003; Усольцев, Колтунова, 2000, 2001; Усольцев, Грибенников, 2001) подобная методология впервые применена для оценки степени «дистанцирования» показателей фитомассы лесных экосистем по зональному и провинциальному градиентам.

В дальнейшем методы рекурсивных регрессий и блоковых фиктивных переменных были совмещены, и развитию этого более продвинутого подхода уделено большое внимание при моделировании географических закономерностей, причем, не только фитомассы (Усольцев и др., 2001б,в,г; 2002в; Усольцев, Антропов, 2001; Usoltsev, Koltunova, 2001), но и ЧПП (Усольцев и др., 2001д; Usoltsev et al., 2002).

В последние годы исследование географических закономерностей изменения биологической продуктивности лесов Евразии вышло на уровень биогеографии. При этом рассматривается полный фракционный состав деревьев и лесных фитоценозов, искомые географические тренды не ограничиваются широтным (зональным) градиентом, а рассматриваются также в связи со степенью континентальности климата. Анализируются не только показатели фитомассы, но и ЧПП, удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) как отношения ЧПП к фитомассе, и показателя продуктивности ассимиляционного аппарата (ПАА) как отношения ЧПП к массе листвы (хвои) (Усольцев, 2014; Усольцев, Гаврилин, 2014; Усольцев и др., 2014; 2015а,б; Усольцев, 2016б,в). Результаты исследований климатически обусловленных трансконтинентальных трендов биологической продуктивности лесов могут быть полезны в менеджменте их биосферных функций, они дают предварительное представление о возможных смещениях показателей биологической продуктивности лесов в связи со сдвигами широтной и меридиональной зональности под влиянием изменения климата.

Список использованной литературы

Адлер Ю.П., Горский В.Г. Предисловие к русскому изданию // Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 1 / Н. Дрейпер, Г. Смит. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.

Адлер Ю.П., Горский В.Г. Предисловие к русскому изданию // Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 2 / Н. Дрейпер, Г. Смит. М.: Финансы и статистика, 1987. 352 с.

Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985. 487 с.

Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

Кричун В.М. Таблицы веса деревьев саксаула // Научные труды КазНИИЛХ. 1965. Т. 5. Вып. 2. С. 16-19.

Кричун В.М., Усольцев В.А. Регрессионные модели надземной фитомассы белого саксаула // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1979. № 10. С. 53-56.

Кричун В.М., Усольцев В.А., Внучков В.Т. Сортиментные таблицы осинников Северного Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1978. № 10. С. 102-106.

Крюденер А.А. Массовые таблицы и таблицы сбега для сосны в удельных (и других) лесах северной половины Европейской части России. СПб, 1913. Вып. 3, часть II. 280 с.

Лагунов П.М., Харитонов Б.Е., Усольцев В.А. Оценка фитомассы саксауловых лесов Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1986. № 8. С. 72-77.

Макаренко А.А., Колтунова А.И., Рапп Я.А. О возможностях применения семейства кривых Пирсона в лесоводственных исследованиях // Научн. труды КазНИИЛХА. 1978. Т. 10. С. 3-12.

Матвеев П.М., Усольцев В.А. Послепожарный отпад и возобновление лиственницы на многолетней мерзлоте // Экология. 1991. № 4. С. 3-15.

Митропольский А.К. Об установлении корреляционных уравнений по способу Чебышева // Изв. АН СССР, сер. матем. 1937. Т. 1. С. 125-134.

Митропольский А.К. О множественных нелинейных корреляционных уравнениях // Изв. АН СССР, сер. матем. 1939. Т. 3. С. 399-406.

Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. 576с.

Мошкалёв А.Г. Научные основы таксации товарной структуры древостоев: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Л.: ЛЛТА, 1974. 39 с.

Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. 208 с.

Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.

Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесная пром-сть, 1978. 272 с.

Орлов М.М. Русские массовые таблицы для сосны // Лесной вестник. 1911. № 46.

Сальников А.А., Усольцев В.А., Сальникова И.С. Оптимизация объема экспериментальных данных при оценке массы крон березы на основе пайп-модели // Научные труды / Сборник. Екатеринбург: УГЛТА, 2000. С. 43-51.

Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков. Новосибирск: Наука, 1978. 165с.

Токмурзин Т.Х., Байзаков С.Б. Применение метода множественной корреляции для составления таблиц учёта хвойной лапки ели тяньшанской // Научно-производственная конференция лесохозяйственного факультета / Рефераты докладов. Алма-Ата, 1971. С. 155-162.

Тутубалин В.Н., Барабашева Ю.М., Григорян А.А., Девяткова Г.Н., Угер Е.Г. Математическое моделирование в экологии: Историко-методологический анализ. М.: Языки русской культуры. 1999. 208 с.

Усольцев В.А. Взаимосвязь некоторых таксационных элементов кроны и ствола у березы пушистой в Северном Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1971. № 2. С. 80-84.

Усольцев В.А. Вес кроны березы и осины в насаждениях Северного Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1972. № 4. С. 77-80.

Усольцев В.А. Элементы биологической продуктивности березово-осиновых лесов Северного Казахстана: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. УЛТИ, 1973. 26 с.

Усольцев В.А. Применение регрессионного анализа при исследовании возрастной динамики фитомассы березы и осины // Лесоведение. 1976а. № 1. С. 35-39.

Усольцев В.А. Формирование ствола у березы семенного и порослевого происхождения в аспекте аллометрического роста // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1976б. № 7. С. 83-88.

Усольцев В.А. О закономерностях роста березы порослевого и семенного происхождения // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1978. № 6. С. 87-93.

Усольцев В.А. Математическое моделирование прироста березы повислой // Лесоведение. 1979. № 2. С. 13-22.

Усольцев В.А. Применение регрессионных моделей при составлении таблиц надземной фитомассы деревьев // Труды КазНИИЛХА. 1980. Т. 12. С. 201-214.

Усольцев В.А. Высота замера диаметра ствола как дополнительный фактор при оценке объема дерева // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1983а. № 3. С. 81-83.

Усольцев В.А. Прогнозирование биологической продуктивности березы и осины в колочных лесах // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1983б. № 6. С. 69-77.

Усольцев В.А. Таблицы для подеревного учета надземной фитомассы березы и осины Северного Казахстана // Рациональное использование и повышение устойчивости лесов Казахстана. Щучинск, 1983в. С. 143-164 (Рукопись депонирована в КазНИИНТИ 7 июля 1983 г., № 478 Ка-Д 83).

Усольцев В.А. Оценка формы и полндревесности стволов с использованием множественных связей // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1984а. № 7. С. 75-79.

Усольцев В.А. О точности регрессионной оценки фитомассы древостоев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1984б. № 9. С. 77-83.

Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск: Издательство Красноярского университета, 1985а. 191с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3353>).

Усольцев В.А. Многомерная регрессионная оценка надземной фитомассы березы и осины в колочных лесах Казахстана и Сибири // Лесоведение. 1985б. № 1. С. 3-12.

Усольцев В.А. Оценка показателей продуктивности в биогруппах разной густоты // Лесоведение. 1985в. № 2. С. 68-78.

Усольцев В.А. Использование текущего прироста радиуса ствола в многомерной оценке фитомассы деревьев // Закономерности роста и производительности древостоев / Тез. докл. Каунас: ЛитСХА, 1985г. С. 95-97.

Усольцев В.А. Принципы полифакториальной оценки биопродуктивности древостоев. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985д. 48 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3378>).

Усольцев В.А. Продуктивность и структура фитомассы древостоев (на примере лесов Казахстана и юга Западной Сибири): Автореф. дис. ...докт. с.-х. наук. Киев: УкрСХА, 1985е. 46 с.

Усольцев В.А. Динамика биологической продуктивности сосняков Казахского мелкосопочника // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. трудов. Красноярск: СибТИ, 1987. С. 97-104.

Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1988а. 253 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3352>).

Усольцев В.А. Принципы и методика составления таблиц биопродуктивности древостоев // Лесоведение. 1988б. № 2. С. 24-33.

Усольцев В.А. Таблицы для таксации лесных горючих материалов при верховых пожарах // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. научных трудов. Каунас: ЛитСХА, 1988в. С. 148-155.

Усольцев В.А. Применение инвариантных взаимосвязей при оценке массы крон деревьев. Екатеринбург: УЛТИ, 1993. 90 с.

Усольцев В.А. Международный лесной мониторинг и базы данных по фитомассе лесов // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1994. С. 42-49.

Усольцев В.А. База данных о фитомассе лесов как основа идентификации моделей лесных пожаров и углеродного цикла // Лесные пожары: возникновение, распространение и экологические последствия / Матер. международн. конфер. Томск: ТГУ, 1995а. С.120-122.

Усольцев В.А. Международный лесной мониторинг, глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов // Лесное хозяйство. 1995б. № 5. С. 33-35.

Усольцев В.А. Международный лесной мониторинг, глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: УГЛТА, 1995в. 91 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3381>).

Усольцев В.А. Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 216 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3376>).

Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: УрО РАН, 1998а. 541 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3224>).

Усольцев В.А. О вкладе российских ученых в формирование банка данных о фитомассе лесов // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СибГТУ, 1998б. С. 50-55.

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 708 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3280>).

Усольцев В.А. Регрессия в пассивном эксперименте: от Налимова – к Нагимову // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Вып. 3. Брянск: БГИТА, 2002. С. 50-54 (http://science-bsea.bgita.ru/2002/leskomp_2002/usoltsev_regres.htm).

Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 406 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3303>).

Усольцев В.А. Некоторые методические и концептуальные неопределенности при оценке приходной части углеродного цикла лесов // Экология. 2007а. № 1. С. 1-10 (<http://www.maikonline.com/maik/showArticle.do?auid=VAF0BYY9U9&lang=ru>).

Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007б. 636 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281>).

Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 570 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2606>).

Усольцев В.А. Вертикально-фракционная структура фитомассы деревьев. Исследование закономерностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 603 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2771>).

Усольцев В.А. География удельной первичной продукции фитомассы лесов и неопределенности ее оценки и интерпретации // Эко-Потенциал. 2014. № 1(5). С. 139-163. (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/3186/1/Usoltsev.pdf>).

Усольцев В.А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016а. 336 с. (<http://management-usfeu.ru/Uploads/Publikazii/Usoltzev072016.pdf>).

Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016б. 384 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5634>).

Усольцев В.А. Биологическая продуктивность древесных видов Евразии с позиций биогеографии // Эко-потенциал. 2016в. № 2(14). С. 41-49.

Усольцев В.А., Усольцева Р.Ф. Аппроксимирование надземной фитомассы березы и осины по диаметру и высоте ствола // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1977. № 7. С. 83-89.

Усольцев В.А., Макаренко А.А. Возрастная динамика формирования надземной фитомассы сосны кустанайских боров в зависимости от густоты // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1978. № 12. С. 105-111.

Усольцев В.А., Макаренко А.А., Аткин А.С. Закономерности формирования надземной фитомассы сосны в Северном Казахстане в связи с густотой // Лесоведение. 1979. № 5. С. 3-12.

Усольцев В.А., Кричун В.М. Закономерности формирования надземной фитомассы березы и осины в колочных лесах Северного Казахстана // Лесоведение. 1982. № 3. С. 41-53.

Усольцев В.А., Кричун В.М. Математические модели биологической продуктивности березы в Северном Казахстане // Моделирование и контроль производительности древостоев: Научные труды ЛитСХА. Каунас, 1983. С. 50-51.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я. Исследование вертикально-фракционного распределения фитомассы древостоев: Методические указания для самостоятельной работы студентов по специальности 3112. Свердловск: УЛТИ, 1989. 33 с.

Усольцев В.А., Крепкий И.С. Распределение массы ветвей и корней по их толщинам как специфичная характеристика биопродуктивности лесных экосистем // Экология лесов Севера / Тез. Всесоюзн. совещания. Т. 2. Сыктывкар: Ин-т биологии УрО АН СССР, 1989. С. 80-81.

Усольцев В.А., Крепкий И.С., Нагимов З.Я., Деменев В.В., Тепикин С.В. Распределение массы ветвей и корней по толщине и вертикальному профилю как специфичная характеристика биопродуктивности лесных экосистем // Проблемы лесоведения и лесной экологии / Тез. докл. всесоюзной конф. Москва: АН СССР, 1990. С. 246-249.

Усольцев В.А., Крепкий И.С. Распределение массы ветвей и корней сосны по их толщинам: моделирование и составление таблиц // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. научн. тр. Красноярск: СибТИ, 1990. С. 50-59.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Деменев В.В. Распределение массы ветвей сосны по толщинам и вертикальному профилю: моделирование и составление таблиц // Совершенствование ведения хозяйства в лесах Украины и Молдавии / Тез. докл. республ. н-т. конфер. Киев: УСХА, 1990. С. 124-125.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Деменев В.В., Шарафутдинов Р.Р. Распределение массы ветвей по их толщинам в сосняках Среднего Урала // ИВУЗ. Лесной журнал. 1991а. № 1. С. 7-12.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Тепикин С.В. Распределение массы ветвей ели по толщинам и вертикальному профилю: моделирование и составление таблиц // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. научн. тр. Красноярск: СибТИ, 1991б. С. 32-41.

Усольцев В.А., Бедарева О.М. Регрессионные модели для оценки надземной фитомассы черносаксаульников // Проблемы восстановления лесов на Урале / Тез. докл. Екатеринбург: Наука. Уральское отделение, 1992. С. 29-32.

Усольцев В.А., Крепкий И.С. Вертикально-фракционное распределение массы корней в сосняках Аман-Карагайского бора // Проблемы восстановления лесов на Урале / Тез. докл. Екатеринбург: Наука. Уральское отделение, 1992. С. 32-35.

Усольцев В.А., Крепкий И.С. Регрессионный анализ вертикально-фракционного распределения массы корней в сосняках Аман-Карагайского бора // Экология. 1994. № 2. С. 21-33.

Усольцев В. А., Сальников А. А. Инвариантные продукционно-морфологические связи крон березы Среднего Урала // Вклад ученых и специалистов в развитие химико-лесного комплекса / Тез. докл. Екатеринбург: УЛТИ, 1993а. С. 56-57.

Усольцев В.А., Сальников А.А. Фитомасса крон березы Урало-Казахстанского региона: Принципы составления нормативов // Лесные экосистемы Тургайской впадины. Кустанай: Печатный двор, 1993б. С.18-20.

Усольцев В.А., Мельникова И.В. Модель внутрикранового распределения фитомассы сосны // Вклад ученых и специалистов в развитие химико-лесного комплекса / Тез. докл. Екатеринбург: УЛТИ, 1993. С. 58-59.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Деменев В.В., Мельникова И.В. Методы и таблицы оценки надземной фитомассы деревьев // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 16. Екатеринбург: УЛТИ, 1993а. С. 90-110.

Усольцев В.А., Бедарева О.М., Харитонов Б. Е., Успенский И.С. Опыт составления таблиц надземной фитомассы черносаксаульников // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СибТИ, 1993б. С. 24-35.

Усольцев В.А., Тепикин С.В., Мельникова И.В., Сальников А.А., Кирилова В.В., Нагимов З.Я. Применение биологически обусловленных взаимосвязей при формировании банка данных фитомассы лесов // Современные аспекты лесной таксации / Сб. трудов. Вып. 38. Гомель: Ин-т леса АНБ, 1994а. С. 226-228.

Усольцев В.А., Тепикин С.В., Мельникова И.В., Нагимов З.Я. Оценка массы крон сосны и ели Среднего Урала на основе псевдоинвариантных взаимосвязей // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 17. Екатеринбург: УГЛТА, 1994б. С. 112-127.

Усольцев В.А., Чернов Н.Н., Кириллова В.В., Тепикин С.В. Регрессионные модели и таблицы древесной зелени деревьев пихты сибирской // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 17. Екатеринбург: УГЛТА, 1994в. С. 128-154.

Усольцев В.А., Мельникова И.В., Нагимов З.Я., Тепикин С.В. Оценка массы крон сосны с использованием биологически обусловленных взаимосвязей // ИВУЗ. Лесной журн. 1994г. № 2. С. 7-14.

Усольцев В.А., Мельникова И.В., Тепикин С.В., Сальников А.А., Кириллова В.В., Чернов Н.Н. Биологически обусловленные взаимосвязи для оценки массы крон пяти лесообразующих пород // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1994д. С. 56-68.

Усольцев В.А., Тепикин С.В., Мельникова И.В., Сальников А.А., Кирилова В.В., Нагимов З.Я. Применение биологически обусловленных взаимосвязей при формировании банка данных фитомассы лесов // Современные аспекты лесной таксации / Сб. трудов. Вып. 38. Гомель: Ин-т леса АНБ, 1994е. С. 226-228.

Усольцев В.А., Мельникова И.В., Нагимов З.Я., Тепикин С.В. Вертикальное возрастное распределение фитомассы кроны сосны обыкновенной // Лесоведение. 1994ж. № 4. С. 19-34.

Усольцев В.А., Мельникова И.В., Нагимов З.Я., Тепикин С.В. Оценка массы крон сосны с использованием биологически обусловленных взаимосвязей // ИВУЗ. Лесной журн. 1994з. № 2. С. 7-14.

Усольцев В.А., Мельникова И.В., Тепикин С.В., Сальников А.А., Кириллова В.В., Чернов Н.Н. Биологически обусловленные взаимосвязи для оценки массы крон пяти лесообразующих пород // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1994и. С. 56-68.

Усольцев В.А., Мельникова И.В., Нагимов З.Я., Тепикин С.В., Сальников А.А., Кириллова В.В. Оценка массы крон деревьев: физиологические аспекты // Экосистемы Севера: структура, адаптации, устойчивость / Матер. общерос. совещания 26-28 октября 1993 г. в Петрозаводске. М., 1995а. С. 230-242.

Усольцев В.А., Сальников А.А., Горбунова С.А., Нагимов З.Я. Принципы формирования баз данных по фитомассе лесов России и Швейцарии // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 18. Екатеринбург: УГЛТА, 1995б. С. 198-227.

Усольцев В.А., Тепикин С.В., Кириллова В.В. Оценка продуктивности хвой ели и пихты Среднего Урала на основе пайп-модели // Актуальные проблемы лесоведения / Тез. докл. Екатеринбург: УрГУ, 1996а. С. 61-65.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Демениев В.В. Закономерности распределения ветвей первого порядка по весовым и дендрометрическим признакам // ИВУЗ. Лесной журнал. 1996б. № 4-5. С. 31-35.

Усольцев В.А., Сальников А.А. Модель внутрикоронового распределения фитомассы в березняках Среднего Урала // Актуальные проблемы лесоведения / Тез. докл. Екатеринбург: УрГУ, 1996. С. 59-61.

Усольцев В.А., Усольцев А.В. Оценка продуктивности хвой сосны обыкновенной на основе продвинутой пайп-модели // Стратегические направления экологических исследований на Урале и экологическая политика / Тез. докл. Екатеринбург: УрГУ, 1996а. С. 47.

Усольцев А.В., Усольцев В.А. Оценка массы кроны сосны на основе продвинутой пайп-модели: региональные закономерности // Проблемы общей и прикладной экологии / Матер. конф. Ин-т экологии растен. и животн. УрО РАН: Изд-во "Екатеринбург", 1996б. С. 264-265.

Усольцев В.А., Кириллова В.В., Усольцев А.В. Оценка фитомассы по возрастным слоям кроны в естественных сосняках и культурах // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КГТА, 1997. С. 24-36.

Усольцев В.А., Сальников А.А. Зависимость массы ветвей от их морфометрических показателей как основа оценки фитомассы березового полога // Исследование лесов Урала / Матер. конф. Екатеринбург: Ин-т леса УрО РАН, 1997. С. 81-83.

Усольцев В.А., Кириллова В.В. Модель внутрикоронового распределения фитомассы по площади сечения мутовок в культурах сосны // Леса Башкортостана: современное состояние и перспективы. Уфа: Ин-т биол., 1997. С. 66-67.

Усольцев В.А., Усольцев А.В., Кириллова В.В. Региональная и видовая специфика зависимости массы хвой от дендрометрических показателей деревьев // Лесоведение. 1998. № 2. С. 55-68.

Усольцев В.А., Сальников А.А. Оценка фитомассы по возрастным слоям кроны в березняках Урала // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 20. Екатеринбург: УГЛТА; Birmensdorf: WSL, 1998. С. 238-251.

Усольцев В.А., Сальников А.А., Демениев В.В. Зависимость массы ветвей I порядка от их дендрометрических показателей у сосны и березы Урала // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 19. Екатеринбург: УГЛТА, 1999а. С. 229-239.

Усольцев В.А., Габеев В.Н., Бабич Н.А., Евдокимов И.В., Колтунова А.И. Органическая масса культур сосны обыкновенной в разных природных зонах // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СибГТУ, 1999б. С. 16-24.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Фимушин А.Б., Колтунова А.И., Азаренок М.В. Ход роста надземной фитомассы приполярных лиственничников // ИВУЗ. Лесной журнал. 2000а. № 5-6. С. 13-18.

Усольцев В.А., Колтунова А.И., Азаренок М.В., Габеев В.Н., Бабич Н.А., Евдокимов И.В. Возрастная динамика органической массы культур сосны в разных природных зонах // Научн. труды / Сборник. Екатеринбург: УГЛТА, 2000б. С. 36-42.

Усольцев В.А., Колтунова А.И. Оценка запасов углерода в фитомассе лиственничных экосистем Северной Евразии // Экология. 2001. № 4. С. 258-266.

Усольцев В.А., Грибенников А.Н. Биологическая продуктивность рода *Populus* в связи с континентальностью климата и природной зональностью Евразии // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 21. Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. С. 171-186.

Усольцев В.А., Антропов А.И. География фитомассы рода *Abies* Mill. в Северной Евразии // Леса Евразии в третьем тысячелетии / Матер. междунар. конф. молодых ученых. М.: МГУЛ, 2001. С. 154-156.

Усольцев В.А., Марковский В.И., Антропов А.И. Сравнительный географический анализ биопродуктивности ели и пихты в Северной Евразии // Лесная таксация и лесоустройство / Междунар. научно-практич. журнал. Красноярск: СибГТУ, 2001а. № 1(30). С. 166-171.

Усольцев В.А., Марковский В.И., Крапивина О.А. Изменение фитомассы сосняков по уральскому меридиану и евразийской южной тайге // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 21. Екатеринбург: УГЛТУ, 2001б. С. 129-140.

Усольцев В.А., Азаренок В.А., Грибенников А.Н., Антропов А.И. Фитомасса насаждений *Abies* и *Populus* в связи с континентальностью климата Евразии // Таксация леса на рубеже XXI века: состояние и перспективы развития / Матер. конфер. С.-Петербург: СПбГЛТА, 2001в. С. 54-56.

Усольцев В.А., Марковский В.И., Грибенников А.Н., Антропов А.И. Рекурсивно-блочные модели и география фитомассы лесов // Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках. Вып. 7. / 2-я всерос. научная internet-конфер. Тамбов: ТГУ, 2001г. С. 70-72.

Усольцев В.А., Фимушин А.Б., Колтунова А.И. Региональные особенности распределения годичной продукции фитомассы лиственничников // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития / Сб. научн. статей. Вып.1. Брянск: БГИТА, 2001д. С. 13-16.

Усольцев В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Крапивина О.А. Особенности оценки фитомассы лесов методом планирования пассивного эксперимента // Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках. Вып. 18 / Четвертая Всероссийская научная internet-конференция. Тамбов: ТГУ, 2002а. С. 23-25.

Усольцев В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Петелина О.А., Крапивина О.А., Щукин А.В. О планировании пассивного эксперимента при оценке фитомассы лесов // Научные труды. Выпуск 2. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002б. С. 15-22.

Усольцев В.А., Петелина О.А., Аткина Л.И., Крапивина О.А. Фитомасса естественных сосняков Северной Евразии: база данных и география // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 22. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002в. С. 88-101.

Усольцев В.А., Азаренок В.А., Ефименко О.А. База данных о первичной продукции ельников Евразии // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Вып. 3. Брянск: БГИТА, 2002г. С. 54-58 (http://science-bsea.bgita.ru/2002/leskomp_2002/usoltsev_baza.htm).

Усольцев В.А., Воробейчик Е.Л., Бергман И.Е. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения: Исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 365 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/458>).

Усольцев В.А., Субботин К.С., Терентьев В.В., Маленко А.А. Биологическая продуктивность естественных сосняков Северной Евразии: элементы географии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 11 (121). С. 55-60 (<http://www.asau.ru/files/vestnik/2014/11/055-060.pdf>).

Усольцев В.А., Гаврилин Д.С. Географические градиенты чистой первичной продукции лиственничных лесов Евразии // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика / Матер. всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск, 16-19 сентября 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 40-43 (www.forest.akadem.ru/Konf/2014/IF/Proceedings.pdf).

Усольцев В.А., Гаврилин Д.С., Колтунова А.И., Борников А.В. География чистой первичной продукции древостоев рода *Larix* в пределах Евразии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46). С. 8-11 (<http://orensau.ru/ru/nauka/izvestija>).

Усольцев В.А., Субботин К.С., Кох Е.В., Богословская О.А. Биологическая продуктивность сосновых лесов Евразии: Исследование системных связей, обеспечивающих эффективность принятия решений в лесном секторе средствами ИТ-технологий. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2015а. 157 с. (http://itim-usfeu.ru/Uploads/Publikazii/2015_11.pdf).

Усольцев В.А., Гаврилин Д.С., Маленко А.А. Структура фитомассы деревьев лиственницы (*Larix L.*) в трансконтинентальных градиентах Евразии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015б. № 9 (131). С. 66-69 (<http://www.asau.ru/files/vestnik/2015/9/066-069.pdf>).

Усольцев В.А., Субботин К.С., Гаврилин Д.С. Формирование базы данных о полевой фитомассе лесов Евразии // Лесотехнические университеты в реализации концепции возрождения инженерного образования: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса / Матер. X междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015в. С. 316-319 (<http://rio-usfeu.nethouse.ru/>).

Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 200 с.

Demenev V.V., Nagimov Z.Y., Tepikin S.V., Usoltsev V.A., Sharafutdinov R.R. Profile and thickness distribution of branch and root biomass as specific characteristics of forest biological productivity // XIX World Congress Proceedings, IUFRO, Division 4. Canada, Montreal, 1990. P. 7.

Fiedler F. Die Dendromasse eines hiebsreifen Fichtenbestanden // Beitr. Forstwirtschaft. 1986. H. 20. No. 4. S. 171-180.

Fisher R.A. The influence of rainfall on the yield of wheat at Rothamsted // Philosophical Transactions of the Royal Society. 1924. Vol. 213. P. 89-142.

Galton F. Co-relations and their measurement chiefly from anthropometric data // Proceedings of the Royal Society of London. 1888. Vol. 45. P. 135-145.

Hoffmann C.W., Usoltsev V.A. Modelling root biomass distribution in *Pinus sylvestris* forests of the Turgai Depression of Kazakhstan // Forest Ecology and Management. 2001. Vol. 149. P. 103-114.

Hoffmann C.W., Usoltsev V.A. Tree-crown biomass estimation in forest species of the Ural and of Kazakhstan // Forest Ecology and Management. 2002. Vol. 158. P. 59-69 (DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00669-1).

Lomolino M.V., Riddle B.R., Brown J.H. Biogeography. 3rd ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2006. 846 p.

Schwappach A. Die Kiefer. Wirtschaftliche und statistische Untersuchungen der forstlichen Abteilung der Hauptstation des forstlichen Versuchswesen in Eberswalde. Neudamm: J. Neumann, 1908. 180 S.

Usoltsev V.A. Principles and methods of compiling stand bioproductivity tables // Soviet Forest Sciences (Lesovedenie). 1988. No. 2. P. 23-32.

Usoltsev V.A. Recurrent regression system as a base for tree and stand biomass tables // Harvesting and utilization of tree foliage. IUFRO Project Group P3.05-00 Meeting, Riga, 1989. P. 217-245.

Usoltsev V.A. Mensuration of forest biomass: Modernization of standard base of forest inventory // XIX World Congress Proceedings, IUFRO, Division 4. Canada, Montreal, 1990. P. 79-92.

Usoltsev V.A. Some methodological and conceptual uncertainties in estimating the income component of the forest carbon cycle // Russian Journal of Ecology. 2007. Vol. 38. No. 1. P. 1-10 (DOI: 10.1134/S1067413607010018).

Usoltsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and re-harmonized. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013. ISBN 978-5-94984-438-0 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).

Usoltsev V.A. Sample tree biomass data for Eurasian forests. CD-version in English and Russian. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University. 2015. ISBN 978-5-94984-521-9 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4931>).

Usoltsev V.A., Melnikova I. V., Nagimov Z.Y., Tepikin S.V. Crown biomass estimation based on the biologically conditioned relationships in Scots pine // Advancement in Forest Inventory and Forest Management Sciences / Proc. IUFRO Conference, Seoul, 1993. P. 218-226.

Usoltsev V.A., Kreпки I.S. Modelling of two-dimensional cumulative profile-thickness root biomass distribution in pine stands of Turgai Lowland // Advancement in Forest Inventory and Forest Management Sciences / Proc. IUFRO Conference, Seoul, 1993. P. 139-155.

Usoltsev V.A., Kreпки I.S. Regression analysis of vertical-fraction distribution of root mass in Aman-Karagai pine forests // Russian Journal of Ecology. 1994. Vol. 25. № 2. P. 87-97.

Usoltsev V.A., Melnikova I.V., Nagimov Z.Y., Tepikin S.V. Vertical age distribution of the phytomass in Scotch pine crown // Russian Forest Sciences (Lesovedenie). 1995. № 4. P. 15-28. (Allerton Press, Inc.).

Usoltsev V.A., Hoffmann C.W. Combining harvest sample data with inventory data to estimate forest biomass // Scandinavian Journal of Forest Research. 1997. Vol. 12. No. 3. P. 273-279.

Usoltsev V.A., Usoltsev A.V., Kirillova V.V. Regional and species specificity of the relation between foliar biomass and dendrometric indices // Russian Forest Sciences (Lesovedenie). 1998. Vol. 32. No. 3. P. 157-167.

Usoltsev V.A., Koltunova A.I. Estimating the carbon pool in the phytomass of larch forests in Northern Eurasia // Russian Journal of Ecology. 2001. Vol. 32. No. 4. P. 235-242.

Usoltsev V.A., Koltunova A.I., Kajimoto T., Osawa A., Koike T. Geographical gradients of annual biomass production from larch forests in Northern Eurasia // Eurasian Journal of Forest Research. 2002. Vol. 5. P. 55-62.

Рецензент статьи: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Уральского государственного лесотехнического университета В.А. Азарёнок.