

МЕТОДИЧЕСКИЕ СТАТЬИ

УДК 630*114.521.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПО ДАННЫМ ЛЕСОУСТРОЙСТВА

С. К. Фарбер, Н. С. Кузьмик

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28*

E-mail: sfarber@ksc.krasn.ru, kuzmik@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 18.02.2019 г.

Значения таксационных показателей – результат причинно-следственных отношений насаждений с факторами среды. Лесные почвы являются основными составляющими лесорастительных условий наряду с количеством тепла и влаги. Поэтому плодородие лесных почв может оцениваться (измеряться) посредством лесотаксационных показателей. Формируются уравнения регрессии: в качестве функции используется класс бонитета древостоя, в качестве независимой переменной – показатель, количественно оценивающий лесорастительные условия. Данные массовой таксации – описание таксационных выделов – содержат необходимую для формирования уравнений информацию. В описании выделов содержится и почвенно-грунтовая характеристика, в том числе название (тип) почвы. Можно записать: $B_s = f(S)$, где B_s – класс бонитета древостоя, зависящий от плодородия почвы; S – показатель лесорастительных условий. В качестве показателя (измерителя) S ранее было предложено отношение d/d_0 , где $d_0 = f(h)$; d и h – диаметр и высота главной породы древостоя (Фарбер, 1997). Преимущество же у показателя, варьирующего менее других. Поэтому в качестве измерителя лесорастительных условий S в работе использовано отношение высот $S = h/h_0$. При этом началом отсчета служит усредненная линия роста по высоте (уравнение регрессии $h_0 = f(A)$, где A – возраст древостоя, лет). Посредством введения дополнительного аргумента точность определения h_0 повышается. В качестве такого рода аргумента использован диаметр, тогда $h_0 = f(d, A)$. Двухфакторное уравнение задает начало отсчета в виде плоскости. Отношение высот $S = h/h_0$ определяется для каждого выдела древостоев хвойных пород деревьев. Далее вычисляются средние значения S_i для древесной породы и названия почвы, общее средневзвешенное значение S_0 для хвойных пород деревьев и названия почвы. Таким образом, каждый тип почвы получает количественную меру. При наличии названия почвы в описании таксационного выдела вне зависимости от породного состава древостоя выдела и категории земель (насаждение, гарь, вырубка) получаем количественную оценку плодородия лесных почв с последующей возможностью определения потенциальной продуктивности древесных пород. В работе демонстрируется карта, где для тестового участка посредством значений S_0 показано плодородие лесных почв, а посредством классов бонитета – потенциальная продуктивность хвойных пород деревьев.

Ключевые слова: продуктивность древостоев, лесорастительные условия, данные лесоустройства, атрибутивная таблица лесотаксационных выделов, леса Красноярского Приангарья.

DOI: 10.15372/SJFS20190602

ВВЕДЕНИЕ

В. В. Докучаев (1899) рассматривал генезис почвы как результат закономерного взаимодействия факторов почвообразования. Почва образуется на поверхности горных пород, которые определяют их минеральный состав. В процессе

почвообразования горные породы приобретают новое свойство – плодородие (Ершов, 2015 и др.). В трактовке В. Д. Зеликова (1981), плодородие почв – это способность удовлетворять потребность растений в воде и питательных веществах. Плодородие почв сельскохозяйственного назначения связывается с показателями

почв и урожайностью, а оценка производится в баллах, посредством которых отражаются наиболее важные для роста растений признаки. В результате разрабатывается таблица бонитета почв. Содержание почвенной бонитировочной таблицы напрямую зависит от используемых входов – диагностических признаков (критериев). Формулирование критериев неоднозначно и требует анализа с обоснованием выбора, поэтому разработаны и применяются разные подходы к бонитировке. По мнению Ф. Я. Гаврилюка (1974), естественноисторический метод В. В. Докучаева (1899) был и остается наиболее перспективным: баллы бонитета устанавливаются на основе природных свойств почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Однако неопределенность формирования конечной схемы бонитировки почв продолжает сохраняться, так как перечень возможных к использованию признаков и вариантов структур и содержания таблиц остается значительным. В изложении Б. Ф. Апарина и др. (2002), одни исследователи ранжируют почвы на основе комплексных показателей, характеризующих генетические почвенные свойства, и далее контролируют результат ранжирования урожайностью, вторые в качестве главного критерия принимают урожайность, а почвенные условия учитывают только на уровне генетического подтипа, третьи вычисляют «нормальную» урожайность культур с помощью уравнений регрессии, в которых в качестве аргументов используются почвенные показатели, экономические и климатические данные. В целом же вне зависимости от принимаемого подхода разрабатываются многоаспектные бонитировочные таблицы плодородия почв, в которых количество баллов достигает 100 и которые удовлетворяют потребности сельскохозяйственной практики.

Плодородие лесных почв связывают с их лесорастительными свойствами. По Н. Д. Сорокину (2009, с. 191): «...плодородие почвы – это совокупность взаимосвязанных и направленных биохимических и физических процессов в почве, качественным выражением которых является образование гумуса...». Лесоводственная оценка почв определяется комплексом морфологических, физических, биохимических и других свойств почв (Вайчис, 1975). Простого перечисления признаков недостаточно, требуются и интегральные показатели (Сазонов, 1986).

В лесоводстве принята классификация по типам леса и классам бонитета. Тип леса характеризует лесорастительные условия (комплекс

климатических, орографических, гидрологических и почвенных факторов) на качественном уровне. Для количественного измерения продуктивности древостоя используется класс бонитета, зависящий от лесорастительных условий (Лесное хозяйство..., 2002). Совместное рассмотрение типа леса и класса бонитета считается взаимодополняющей качественной и количественной оценкой как продуктивности древостоев, так и лесорастительных условий.

Разнообразие факторов среды, неоднозначность их влияния на рост и развитие древесных пород определяют разновариантность лесных классификаций (Фарбер, Кузьмик, 2013). Из набора потенциально возможных показателей – входов предпочтения отданы:

- почвенным условиям (лесотипологические классификации А. А. Крюденера (1916), Е. В. Алексеева (1928), П. С. Погребняка (1955), Д. В. Воробьева (1953));

- показателям эдафитоценотических векторов, преобладающей породе древостоя, напочвенному покрову (лесотипологическая классификация В. Н. Сукачева (1972)).

При добавлении дополнительной координаты – вектора времени – лесная типология приобретает географо-генетические и динамические черты (классификации Б. П. Колесникова (1958), И. С. Мелехова (1980)).

Показатели почв фигурируют во всех перечисленных классификационных построениях, но наибольшее значение им придается в классификации по типам условий местопроизрастания (ТУМ) П. С. Погребняка (1955), где в качестве входов фигурируют влажность и плодородие почв. Количество градаций неизменно, для плодородия их 4 (бедные, относительно бедные, богатые, очень богатые), для влажности – 6 (крайне сухие, сухие, свежие, влажные, сырые, болота), всего 24 сочетания. Заметим, что оценка почвенного плодородия качественная и может быть произведена исключительно в экспертном порядке, т. е. субъективно. Согласимся с мнением Ю. И. Ершова (2015), что плодородие лесных почв трактуется упрощенно, как способность обеспечивать рост и продуктивность насаждений. Ориентирами остаются те же типы леса и классы бонитета древостоев.

Таким образом, общепринятой трактовки термина «плодородие лесных почв» к настоящему времени нет. В отличие от почв сельскохозяйственного назначения бонитировочные шкалы для лесных почв не разработаны. Плодородие лесных почв определяется субъективно,

как следствие, принадлежность таксационного выдела к определенному типу леса может быть ошибочной. Прогнозная продуктивность древостоев при неопределенно трактуемом плодородии почв становится сомнительной.

Цель настоящей работы – разработка и получение количественного показателя плодородия лесных почв с последующим представлением результатов в виде карт потенциальной продуктивности лесных земель для целевых пород деревьев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Таксационные показатели насаждений зависят от лесорастительных условий и поэтому в определенной степени характеризуют и плодородие почв. Следовательно, плодородие может оцениваться (измеряться) посредством лесотаксационных показателей. Если для анализа воспользоваться данными массовой таксации, то закладка пробных площадей может потребоваться только для цели верификации. Этап полевых исследований значительно уменьшается.

Оценка плодородия лесных почв. Принимается, что класс бонитета древостоя – производное лесорастительных условий, в перечень которых входит в том числе плодородие лесных почв. Можно записать: $B_s = f(S)$, где B_s – класс бонитета древостоя, зависящий от плодородия почв; S – показатель лесорастительных условий. Таким образом, в качестве зависимой переменной уравнения традиционно принимается класс бонитета, в качестве независимой S – показатель лесорастительных условий. Класс бонитета древостоя, название (тип) почв фигурируют в описании таксационного выдела в качестве характеристики. Для получения зависимости $B_s = f(S)$ остается определить с конструкцией показателя лесорастительных условий и далее рассчитать его для каждого таксационного выдела.

Значение любого таксационного показателя насаждения зависит от лесорастительных условий. Возможность сравнения появляется при использовании заранее оговоренной линии отсчета. В качестве показателя лесорастительных условий ранее было предложено отношение d/d_0 , где $d_0 = f(h)$; d , h – диаметр и высота главной породы древостоя (Фарбер, 1997). Преимущество же у показателя, варьирующего менее других. Поэтому в качестве измерителя лесорастительных условий лучше использовать не отношение диаметров d/d_0 , а отношение высот h/h_0 . Тогда в качестве линии отсчета будет выступать

усредненная линия роста по высоте (уравнение регрессии $h_0 = f(A)$, где A – возраст древостоя, лет). Посредством введения дополнительного аргумента точность оценок h_0 повышается. По признаку наименьшего варьирования в качестве дополнительного аргумента используется диаметр. Тогда $h_0 = f(d, A)$, при этом началом отсчета будет уже не линия, а плоскость.

Известны различные варианты формирования шкал классов бонитета (Орлов, 1929; Strand, 1952; Семечкин, 2002 и др.). В лесном хозяйстве используются отдельные шкалы бонитета семенных и порослевых насаждений М. М. Орлова (1929). Однако сопоставлять насаждения хвойных и лиственных пород по значениям класса бонитета невозможно (Кузьмичев, 2013). При достижении определенного возраста при прочих равных условиях высота пород деревьев различна. Соответственно будет различен и класс бонитета, т. е. сопоставление плодородия почв по шкале бонитетов М. М. Орлова (1929) также не имеет смысла. Сопоставление возможно относительно отдельных древесных пород, в нашем случае – относительно уравнений $h_0 = f(d, A)$, индивидуальных для сосны, лиственницы, кедра и ели. Последовательность оценки и картографирования плодородия лесных почв:

- получение уравнений регрессии $h_0 = f(d, A)$;
- вычисление значений показателя лесорастительных условий $S = h/h_0$ с внесением в атрибутивную таблицу;
- вычисление для древесной породы и типа почвы средних значений показателя лесорастительных условий $S_i = \sum S/n$ (n – количество выделов);
- вычисление общих средневзвешенных по количеству выделов показателей лесорастительных условий для пород деревьев и типов почв $S_0 = \sum (S_i * n_i) / N$, где $N = \sum n_i$;
- получение для древесных пород уравнений регрессии $B_s = f(S)$;
- расчет потенциальной продуктивности древесных пород B_s с внесением в атрибутивную таблицу;
- картографирование плодородия почв и потенциальной продуктивности древесных пород.

Выявление аналитического вида уравнений регрессии произведено программными средствами STATISTICA 6 (Халафян, 2007). Задан уровень значимости 0.95. Расчет B_s производится для каждого таксационного выдела тестируемого участка. Картографирование плодородия почв произведено по величинам показателя S_0 , потенциальной продуктивности древостоев по

величинам показателя B_s средствами ArcGIS Spatial Analyst. Характеристики почв по мере их уточнения можно редактировать в атрибутивной таблице таксационных выделов с последующим пересчетом аналитического вида уравнений регрессии.

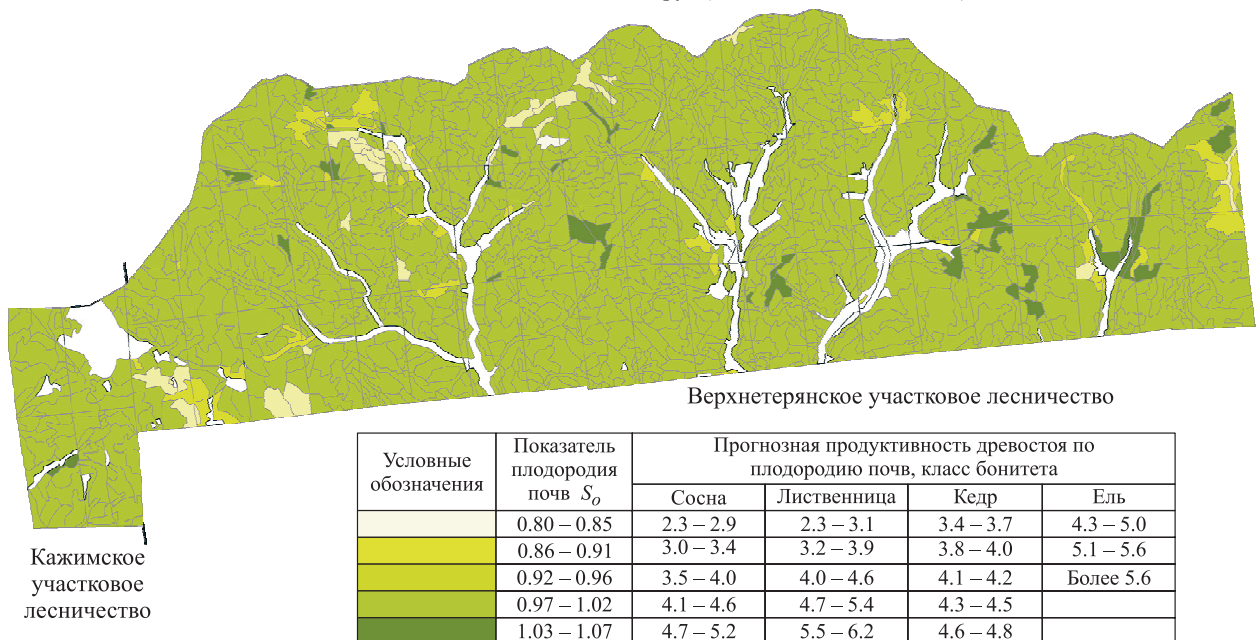
Проблема бонитировки лесных почв наиболее полно рассматривается в работах В. Д. Зеликова (1962, 1965, 1966, 1972, 1981, 1991 и др.). Итогом его исследований считается «Методика расчета лесных почвенно-бонитировочных таблиц» (Зеликов, 1991). Данная методика включает полевые и камеральные работы, закладку пробных площадей и обработку полученных данных. В результате получают аналитические материалы и таблицы, из которых наиболее значимы сама бонитировочная таблица по свойствам почв и продуктивности насаждений, поправочные таблицы на свойства почв и климат, корреляционная таблица связей свойств и признаков, отобранных для бонитировки, таблица лесорастительного районирования (Булгаков и др., 2007). Очевидная трудоемкость реализации «Методики...» В. Д. Зеликова (1991) является основным препятствием для ее более широкого тиражирования.

На сегодняшний день материалы массовой таксации – наиболее полные и точные сведения о лесных землях. Лесоустроительная информация доступна не только в бумажном, но и в

электронном варианте (в виде векторного слоя таксационных выделов). Инвентаризация лесов проводится по инструктивно утвержденным технологиям, предусматривающим использование аэрокосмических снимков для наземной глазомерной и дешифровочной таксации. На основе материалов лесоустройства планируется и ведется лесохозяйственное и лесопромышленное производство. Описание таксационного выдела включает и показатели почв, в том числе название. При необходимости содержание атрибутивной таблицы таксационных выделов может редактироваться с образованием дополнительных полей. В соответствии с решаемыми задачами средствами ГИС характеристики могут как обобщаться, так и детализовываться, а картографирование производится по любому полю атрибутивной таблицы.

Тестовый участок расположен на территории Терянского лесничества (Верхнетерянского участкового лесничества, кварталы 1–53 и Кажимское участковое лесничество, кварталы 93, 94, 118, 119; координаты центра участка: 96°47' в. д., 59°29' с. ш.) (см. рисунок). Лесоустройство Терянского лесничества проводилось в 2005 г. по III разряду. На севере тестовый участок по линии водораздела Ангары и Подкаменной Тунгуски граничит с Байкитским лесничеством Эвенкии. Здесь расположены истоки рек и ручьев, впадающих в Ангару с севе-

Эвенкийский автономный округ (Байкитское лесничество)



Плодородие лесных почв S_0 и потенциальная продуктивность древостоев тестового участка B_s . Масштаб 1:150 000.

ра. Из них наиболее крупные – Верхняя Теря и Микчанда. Абсолютные высоты изменяются от 340 м на юге до 700 м на севере. Общий перепад абсолютных высот составляет 360 м. Средний уклон равен 3.6° ($\sigma = \pm 2.3^\circ$).

На тестовом участке явно выделяется 200-летняя и более генерация перестойных древостоев. Меньшая часть древостоев 70–80-летнего возраста. Повторяемость пожаров и продолжительность межпожарных интервалов характеризуют пирологические режимы природных комплексов, влияющие на процессы лесообразования (Фуряев, 1996). Наличие четко обособленных возрастных генераций древостоев позволяет предположить широкое распространение лесных пожаров в пределах тестового участка в годы, предшествующие массовому послепожарному лесовосстановлению. Породный состав древостоев, лесотипологическая структура и приуроченность насаждений к местоположениям связаны с особенностями почвенно-грунтовых условий верхней части южного макросклона бассейна Ангары. Поймы рек и ручьев заболочены и заняты ерниками. Ельники распространены незначительно и приурочены к подножиям склонов. Сосняки занимают более сухие местоположения в основном на выпуклых водоразделах, средних и верхних частях склонов. Абсолютно преобладают лиственничные и кедровые насаждения. Количество пихтовых насаждений незначительное.

По Ю. И. Ершову (2000), тестовый участок относится к Южно-Зангарской вертикально- и экспозиционно-дифференцированной мезокомбинации дерново-карбонатных, дерново-подзолистых, буротаежных почв и иллювиально-гумусовых и иллювиально-железистых подзолов.

Материнские породы: долериты, габбро-долериты, базальты; почвообразующие породы составляют в основном продукты выветривания траппового комплекса, элювиального, элювиально-делювиального, ледникового, флювиогляциального, делювиально-криосолифлюкционного, озерно-ледникового, аллювиального и озерно-аллювиального генезиса, имеющего глыбово-

щебнисто-мелкоземистый, гравийно-галечно-мелкоземистый (от супесей до суглинков и глин) гранулометрический состав и однородный литолого-петрографо-минералогический состав (Ершов, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходные материалы: данные массовой таксации – 1765 описаний таксационных выделов. Из них количество выделов сосновых древостоев – 219, лиственничных – 731, кедровых – 478, еловых – 93.

Уравнения регрессии $h_0 = f(d, A)$. Увеличение высоты и диаметра протекает во времени в закономерном порядке (Фарбер, 1997). Для тестового участка получены зависимости (табл. 1).

Показатель лесорастительных условий. На основе уравнений $h_0 = f(d, A)$ рассчитаны значения $S = h/h_0$ и внесены в дополнительное поле атрибутивной таблицы таксационных выделов. Далее последовательно получены показатели лесорастительных условий S_i и S_0 (табл. 2).

Показатель S_i относится к одному названию почвы для i -й древесной породы, поэтому оценка плодородия почв (и картирование) на основе S_i возможна только для таксационных выделов i -й древесной породы. Показатель S_0 относится ко всем древесным породам, следовательно, оценка плодородия почв (и картирование) на основе S_0 возможна только на основании названия почвы для всех таксационных выделов, включая выделы лиственных древостоев (березняки и осинники), погибших насаждений и вырубки.

Уравнения регрессии $B_s = f(S)$. Аналитический вид уравнений получен по данным классов бонитета древостоев и показателям условий произрастания S_0 таксационных выделов (табл. 3).

В атрибутивную таблицу таксационных выделов внесены расчетные значения B_s для сосны, лиственницы, кедра и ели, на основе которых проведено картографирование потенциальной продуктивности древесных пород (табл. 4 и см. рисунок).

Таблица 1. Аналитический вид зависимости высоты дерева от возраста и диаметра

Древесная порода	Уравнение регрессии $h_0 = f(d, A)$
Сосна	$h_0 = -0.842 + 1.264 \times d - 0.017 \times d^2$ ($n = 219, R = 0.872, R^2 = 0.761$)
Лиственница	$h_0 = 1.387 + 0.020 \times A + 1.037 \times d - 0.013 \times d^2$ ($n = 731, R = 0.775, R^2 = 0.601$)
Кедр	$h_0 = 5.106 + 0.708 \times d - 0.007 \times d^2$ ($n = 478, R = 0.518, R^2 = 0.268$)
Ель	$h_0 = 0.431 + 1.188 \times d - 0.014 \times d^2$ ($n = 93, R = 0.946, R^2 = 0.895$)

Примечание. R – коэффициент множественной корреляции, R^2 – коэффициент детерминации (Халафян, 2007).

Таблица 2. Распределение S_j и S_0 по названиям почв

Почва	Влажность почвы	Древесная порода												S_0
		Сосна			Лиственница			Кедр			Ель			
		n	B_{cp}	S_j	n	B_{cp}	S_j	n	B_{cp}	S_j	n	B_{cp}	S_j	
Перегнойная, иловато-глеявая, легкосуглинистая	Влажная				4	3.25	1.05	2	4.00	1.10	35	3.71	1.00	1.01
Дерново-слабоподзолистая, легкосуглинистая	Свежая	69	3.48	1.00	345	3.03	1.00	74	4.03	1.00	3	4.33	0.96	1.00
Перегнойная, подзолисто-глеявая, легкосуглинистая	Влажная										6	4.67	0.99	0.99
Слабоподзолистая, легкосуглинистая	»	1	3.00	1.03	4	3.00	1.04	339	4.13	1.00	13	4.92	1.00	1.00
Слабоподзоленная, легкосуглинистая	Сырая				1	4.00	0.88	10	4.30	0.95	1	5.00	0.92	0.94
Торфянисто-подзолисто-глеявая, легкосуглинистая	Влажная				34	3.66	0.94	1	5.00	0.83	10	5.00	0.98	0.95
Торфянисто-глеявая, легкосуглинистая	Сырая										8	5.00	1.01	1.01
Та же	Влажная										9	5.00	1.00	1.00
Торфянисто-глеявая, среднесуглинистая	Сырая										2	5.00	1.05	1.05
Та же	Влажная										6	5.00	1.05	1.05
Оподзоленная, легкосуглинистая	Свежая							13	3.62	1.05				1.05
Та же	Влажная							3	3.67	1.07				1.07
Дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая	Свежая	136	3.55	1.01	312	3.03	1.00	3	4.00	1.04				1.00
Торфянистая, легкосуглинистая	Сырая							4	4.00	0.99				0.99
Дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая	Влажная				4	3.25	0.95	3	4.33	0.97				0.96
Слабооподзоленная, легкосуглинистая	Свежая							10	4.40	0.98				0.98
Торфянистая, легкосуглинистая	Влажная							11	4.64	0.89				0.89
Дерново-слабоподзоленная, легкосуглинистая	»				7	3.86	0.91	5	4.80	0.90				0.91
Дерново-оподзоленная, легкосуглинистая	»				18	2.94	1.03							1.03
Торфяно-подзолисто-глеявая, легкосуглинистая	Сырая				1	4.00	0.91							0.91
Торфяно-перегнойно-глеявая, легкосуглинистая	Влажная				1	4.00	0.96							0.96
Дерново-черноземовидная, легкосуглинистая	Свежая	2	3.00	1.05										1.05
Дерново-слабоподзолистая, супесчаная	»	2	4.50	0.90										0.90
Та же	Сухая	7	4.86	0.89										0.89
Мелкоземная, каменная, среднесуглинистая	»	2	5.00	0.80										0.80

Примечание. B_{cp} – средний класс бонитета; S_j – среднее значение отношения h/h_0 для древесной породы; S_0 – общее для древесных пород средневзвешенное значение отношения h/h_0 .

Таблица 3. Аналитический вид уравнений $B_s = f(S)$

Древесная порода	Уравнение регрессии
Сосна	$B_s = -13.764 - 31.597 \times S^2 + 48.890 \times S$ ($n = 219, R = 0.513, R^2 = 0.263$)
Лиственница	$B_s = 50.597 - 87.021 \times S + 39.459 \times S^2$ ($n = 731, R = 0.412, R^2 = 0.170$)
Кедр	$B_s = -10.202 - 21.751 \times S^2 + 36.063 \times S$ ($n = 478, R = 0.321, R^2 = 0.103$)
Ель	$B_s = 240.110 - 467.974 \times S + 232.201 \times S^2$ ($n = 93, R = 0.378, R^2 = 0.143$)

Таблица 4. Данные атрибутивной таблицы таксационных выделов Верхнетерянского участкового лесничества (фрагмент)

Номер квартала	Номер выдела	Тип леса	A, лет	h, м	d, см	Класс бонитета, B	Показатель плодородия почв, S ₀	Потенциальная продуктивность древесных пород, B _s			
								Сосна	Лиственница	Кедр	Ель
44	39	Лбрзм	230	24	32	3	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
25	39	Сртос	200	21	28	4	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
11	34	Косдм	220	21	32	4	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
27	22	БКСоссф									
28	20	Лос	190	24	36	3	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
29	31	Кчзм	190	19	24	4	1.05	2.7	2.7	3.7	4.7
50	28	Лос	240	25	40	3	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
51	23	Лос	210	24	32	3	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
52	22	Бос	70	16	14		1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
33	24	Лбгол	210	20	22	4	0.95	4.2	3.5	4.4	5.1
32	15	Ебгсф	170	18	18	5	1.01	3.4	3.0	4.0	4.3
31	17	Лбрзм	230	24	36	3	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3
30	17	Лос	230	25	36	3	1.00	3.5	3.0	4.1	4.3

Примечание. Лбрзм – лиственничник бруснично-зеленомошный; Сртос – сосняк разнотравно-осочковый; Косдм – кедрч осочково-долгомошный; БКСоссф – береза кустарниковая осочково-сфагновая; Лос – лиственничник осочковый; Кчзм – кедрч чернично-зеленомошный; Бос – березняк осочковый; Лбгол – лиственничник багульниково-голубичный; Ебгсф – ельник багульниково-сфагновый.

Заметим, что прогноз продуктивности будет более корректен при использовании многофакторных уравнений регрессии. Для них в качестве аргументов кроме плодородия почв следует использовать показатели тепла и влаги. Возможные варианты получения распределения количества тепла и влаги по поверхности земли демонстрируются в работах С. К. Фарбера и др. (2017а, б).

При натурной таксации описание почв более точное, поскольку зачастую предоставляется возможность непосредственного наблюдения обнажившихся по ряду причин почвенных горизонтов. При дешифровочной таксации описание почв основано на косвенных признаках.

Несмотря на очевидную субъективность оценок почвенных описаний, на тестовом участке наблюдается статистически значимая связь таксационных показателей древостоев с типами почв (см. табл. 3). Реальная же взаимосвязь почв и растительности более высокая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В экономически доступных районах южной тайги Сибири в результате длительной и интенсивной (начиная с 60-х гг. XX в.) лесозаготовки, а также естественных причин (пожары и болезни леса) качество лесосечного фонда существенно ухудшилось. Нехватка древесных ресурсов объективно определяет экономическую ситуацию, при которой становится неизбежен переход к интенсивному развитию лесного комплекса. В частности, к таким территориям относятся лесные районы Приангарья. Здесь на арендных участках лесозаготовительных предприятий уже обозначилось стремление к переходу на интенсивные методы хозяйствования. От практикуемого метода лесоустройства по классам возраста неизбежен переход к комбинированному и участковому методам, при которых почвенные описания становятся первостепенными.

Рассматриваемая методика оценки плодородия лесных почв по связям с таксационными показателями древостоев основана на использовании доступных данных лесоустройства, современных методов анализа данных и не требует дополнительных трудоемких полевых исследований. Методику отличают конструктивная простота и минимизация трудозатрат при формировании оценочных показателей плодородия почв. В качестве ограничения применимости методики следует отметить условие принадлежности обследуемой территории одному лесорастительному округу, в пределах которого наблюдаются одинаковый набор типов почв и их приуроченность к определенным формам рельефа и местоположениям.

Реализация этапов методики оценки плодородия лесных почв требует наличия электронной базы лесоустроительных данных и программных продуктов для математического и пространственного анализа. При наличии в описании таксационного выдела названия почвы вне зависимости от породного состава древостоя выдела и категории земель (насаждение, гарь, вырубка) получаем количественную оценку плодородия лесных почв с возможностью определения потенциальной продуктивности древесных пород. В работе демонстрируется карта, где посредством значений S_0 показано плодородие лесных почв, а посредством классов бонитета – потенциальная продуктивность хвойных пород деревьев тестового участка. Методика будет полезна для практики лесного хозяйства при назначении хозяйственных мероприятий, в частности при проектировании лесовосстановительных работ на непокрытых лесом землях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Е. В. Типы украинского леса. Правобережье. Киев, 1928. 120 с.
 Апарин Б. Ф., Русаков А. В., Булгаков Д. С. Бонитировка почв и основы государственного земельного кадастра. Учеб. пособ. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002. 88 с.
 Булгаков Д. С., Рожков В. А., Васильев Г. И. Вопросы бонитировки лесных почв в работах В. Д. Зеликова // Лесн. вестн. 2007. № 7. С. 46–47.
 Вайчис М. В. Генезис и свойства лесных почв Южной Прибалтики. Вильнюс: Минтис, 1975. 411 с.
 Воробьев Д. В. Типы лесов европейской части СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 452 с.
 Гаврилюк Ф. Я. Бонитировка почв. Учеб. пособ. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1974. 272 с.

Доучаев В. В. К учению о зонах природы: горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. Санкт-Петербург, 1899. 28 с.
 Еришов Ю. И. Почвы и земельные ресурсы Красноярского края. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2000. 81 с.
 Еришов Ю. И. Почвы Среднесибирского плоскогорья. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2004. 86 с.
 Еришов Ю. И. Теоретические проблемы лесного почвообразования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2015. 319 с.
 Зеликов В. Д. Из опыта работ по картированию лесных почв // Лесн. хоз-во. 1962. № 9. С. 47–50.
 Зеликов В. Д. Применение почвенных карт в лесном хозяйстве // Лесоэксплуатация и лесное хозяйство. М.: ЦНИИТТЭИлеспром, 1965. С. 14–25.
 Зеликов В. Д. Картирование почв при лесоустроительных работах // Лесоэксплуатация и лесное хозяйство. М.: ЦНИИТТЭИлеспром, 1966. С. 32–49.
 Зеликов В. Д. Бонитировка лесных почв. Метод. пособие. М.: МЛТИ, 1972. 81 с.
 Зеликов В. Д. Методика расчета лесных почвенно-бонитировочных таблиц // Рациональное использование почв: сб. науч. тр. Вып. 40. М.: МЛТИ, 1972. С. 150.
 Зеликов В. Д. Почвоведение. Учебник для техникумов. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 216 с.
 Зеликов В. Д. Имитационные модели лесных почв. Учеб. пособ. М.: МЛТИ, 1991. 76 с.
 Колесников Б. П. О генетической классификации типов леса и задачах лесной типологии в восточных районах СССР // Изв. СО АН СССР. 1958. № 4. С. 113–124.
 Крюденер А. А. Основы классификации типов насаждений и их народнохозяйственное значение в обиходе страны. Вып. 3. Петроград: Типогр. Гл. упр. уделов, 1916. 190 с.
 Кузьмичев В. В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2013. 208 с.
 Лесное хозяйство. Терминологический словарь / Под общ. ред. А. Н. Филиппчука. М.: ВНИИЛМ, 2002. 480 с.
 Мелехов И. С. Лесоведение. Учеб. пособие. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 406 с.
 Орлов М. М. Лесная таксация. Л.: Лесн. хоз-во, 1929. 532 с.
 Погребняк П. С. Основы лесной типологии. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. 451 с.
 Сазонов А. Г. Принципы лесоводственной оценки почв. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1986. 235 с.
 Семечкин И. В. Структура и динамика кедровников Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 253 с.
 Сорокин Н. Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 222 с.
 Сукачев В. Н. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Избр. тр. Т. 1. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972. 420 с.

- Фарбер С. К. Лесные измерения по среднемасштабным аэроснимкам. Красноярск: Изд-во СО РАН, 1997. 106 с.
- Фарбер С. К., Кузьмик Н. С. Лесная типология: теория и перспективы использования в лесах Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2013. № 1–2. С. 143–149.
- Фарбер С. К., Кузьмик Н. С., Кошкарлова В. Л. Создание цифровой модели влажности почв (на примере лесных земель гор Южной Сибири) / ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. мат-лов в 2 т. Т. 2. Новосибирск: СГУГиТ, 2017б. С. 204–207.
- Фарбер С. К., Кузьмик Н. С., Кошкарлова В. Л. Создание цифровой модели тепла (на примере лесных земель гор Южной Сибири) / ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. мат-лов в 2 т. Т. 2. Новосибирск: СГУГиТ, 2017б. С. 250–253.
- Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 253 с.
- Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. Учебник. 3-е изд. М.: Бином-Пресс, 2007. 512 с.
- Strand L. A measure of the distribution of individuals over a certain area // Medd. Norske Skogsforsoksvesen. 1952. V. 12. P. 191–207.

DETERMINATION OF FOREST SOIL FERTILITY BY FOREST PLANNING DATA

S. K. Farber, N. S. Kuzmnik

*Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Science, Siberian Branch
V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

E-mail: sfarber@ksc.krasn.ru, kuzmnik@ksc.krasn.ru

Values of forest inventory indicators are the result of cause-effect relationships of stands with environmental factors. Forest soils, along with the amount of heat and moisture, are the main components of forest vegetation conditions. The fertility of forest soils therefore can be evaluated (measured) by means of forest inventory parameters. The regression equations are formed. As a function, the site productivity class (bonitet) of the stand is used, as an independent variable, the indicator that quantifies forest vegetation conditions. The data of mass forest inventory – the description of forest inventory compartments – contain all the information necessary for the formation of equations. The description of the section also contains soil characteristics, including the soil name (type). We can write down: $B_s = f(S)$, where: B_s is the bonitet class of the stand, depending on soil fertility; S is an indicator of forest vegetation conditions. As an indicator of forest conditions, the d/d_0 ratio was previously proposed, where: $d_0 = f(h)$; d, h – diameter and height of the main tree species of the stand (Farber, 1997). In general, the advantage is of an indicator that varies less than the others. Therefore, as a measure of forest vegetation conditions in the work, the ratio of heights $S = h/h_0$ is used. In this case, the averaged growth line in height (regression equation, $h_0 = f(A)$, where A is the stand age, years) is used as a reference point. By introducing an additional argument, the accuracy of determining h_0 increases. The diameter is used as an argument of this kind, then $h_0 = f(d, A)$. The two-factor equation defines the origin in the form of a plane. The ratio of heights $S = h/h_0$ is determined for each forest inventory compartment of coniferous tree stands. Next, the average S_i values for the tree species and soil names, and the total weighted average S_0 for coniferous tree species and soil names are calculated. Thus, each soil type receives a quantitative measure. With the name of the soil in the description of the forest inventory compartment, regardless of the stand species composition and land category (stand, burn, logged area), we obtain a quantitative assessment of forest soils fertility with the ability to determine the potential tree species productivity. The paper demonstrates a map where, for the test site, the fertility of forest soils is shown by means of the values of S_0 , and the potential productivity of coniferous trees is shown by means of yield classes.

Keywords: *stand productivity, forest vegetation conditions, forest planning data, attributive table of forest inventory compartments, forests of Krasnoyarsk Priangarie.*

How to cite: *Farber S. K., Kuzmnik N. S. Determination of forest soil fertility by forest planning data // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2019. N. 6. P. 10–18 (in Russian with English abstract).*