



УДК 630*524.634: 630*24

П.М. Мазуркин, Э.Н. Бедертдинов, П.А. Перов

Мазуркин Петр Матвеевич родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой природообустройства Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, академик РАЕН. Имеет 650 печатных работ в области функционально-конструктивного блочно-модульного синтеза манипуляторных машин и биотехнических систем.



Бедертдинов Эмир Нуртдинович, главный лесничий Кокшайского лесхоза Комитета природных ресурсов Республики Марий Эл, инженер-технолог, соискатель, автор 7 публикаций.



ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ЛЕСНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Показан новый метод оценки непрерывно изменяющегося качества лесосечного фонда по статистическим закономерностям динамики заготовки лесоматериалов на данной территории. Проанализирована динамика лесозаготовок в лесном комплексе Республики Марий Эл за прошедшие полвека по пятилетиям.

Ключевые слова: качество территории, лесосечный фонд, динамика лесозаготовок, статистические модели, объем вывозки.

Качество лесной территории определяют различными способами. Наиболее известны методы лесоводственной оценки оставляемого после рубки древостоя или вырубки, а также фитопатологической и экологической характеристики всего биоценоза. При этом лесозаготовители оценивают только древостой по качеству сертифицированной на корню древесины.

В настоящей статье рассмотрен новый метод определения непрерывно изменяющегося качества лесного фонда по статистическим

Таблица 1

Динамика среднегодовых (по пятилетиям) вырубок

| Годы | Вырублено всего, га | Ликвид, тыс.м ³ | В том числе хвойные | | Несплошные рубки, га | Хвойные, % от ликвида | Ликвид % от 1955 г. | Хвойные |
|-----------|------------------------|-------------------------------|------------------------|--------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|---------|
| | | | тыс.м ³ | га | | | | |
| 1954–1955 | 18573,0 | 3658,7 | 2928,6 | – | 252,0 | 80,0 | 99,0 | 93,8 |
| 1956–1960 | 15276,8 | 3058,0 | 2412,1 | – | 130,0 | 78,9 | 82,7 | 77,2 |
| 1961–1965 | 9635,4 | 2184,6 | 1193,8 | – | 163,4 | 54,6 | 59,1 | 38,2 |
| 1966–1970 | 9039,2 | 1982,2 | 909,1 | – | 491,6 | 45,9 | 53,6 | 29,1 |
| 1971–1975 | 8438,2 | 1565,6 | 736,0 | – | 234,4 | 47,0 | 42,4 | 23,6 |
| 1976–1980 | 5977,6 | 1271,2 | 498,8 | – | 382,4 | 39,2 | 34,4 | 16,0 |
| 1981–1985 | 5310,6 | 1237,8 | 460,6 | 1122,8 | 408,8 | 37,2 | 33,5 | 14,7 |
| 1986–1990 | 5645,6 | 1331,8 | 477,9 | 2028,6 | 293,0 | 35,9 | 36,0 | 15,3 |
| 1991–1995 | 3912,0 | 888,4 | 313,8 | 1470,2 | 939,6 | 35,3 | 24,0 | 10,0 |
| 1996–1999 | 2307,8 | 507,8 | 195,4 | 947,5 | 827,8 | 38,5 | 13,7 | 6,3 |

закономерностям динамики заготовки лесоматериалов на лесной территории Республики Марий Эл (РМЭ) – табл. 1.

Во второй половине XX в. показатели лесной отрасли РМЭ снижались из года в год по общему закону гибели [2, 4]. Их средние ежегодные значения по пятилетиям позволяют достаточно точно характеризовать динамику территориального лесного комплекса. Закономерности распределения показателей можно рассматривать по составляющим и параметрам конкретных статистических моделей [3, 5].

Площадь вырубок. Важнейшим показателем является площадь территории, в данном случае площадь рубок, которая изменяется для РМЭ по зависимости

$$S = 18587,6 \exp(-0,3229 i_t^{0,7355}) + 494,630 i_t^{-3,3323} \exp(2,0221 i_t^{0,6504}) \cos(\pi i_t / 0,7162 + 0,8393), \quad (1)$$

где первая составляющая соответствует закону гибели в общей форме [3–5], а вторая является аномальным колебанием с периодом в $2 \cdot 0,7162 = 1,4324$ пятилеток, т. е. 7,162 года (табл. 2). Цикл колебания равен примерно 7 годам, а его аномалия проявляется в изменении знаков (–3,3323 и +2,0221) в биотехническом законе.

Формула (1) достоверна с доверительной вероятностью не ниже 97,51 %. Из табл. 2 видно, что первая составляющая убывает по закону гибели с меньшей интенсивностью, чем фактические значения. Сокращение площади лесов рубками по РМЭ только нарастало. Площадь вырубок, по второй составляющей, в период 1956–1960 гг. увеличилась на 1834,1 га, в 1971–1975 гг. – на 635,0 га (причем следует учесть пожары 1972 г., 182000 га), в 1986–1990 гг. – на 972,9 га.

По-видимому, снижение площади вырубок в эти пятилетки происходило из-за повышения хозяйственной активности. В депрессивные пятилетки (1961–1965 гг., 1976–1980 гг., 1981–1985 гг., 1991–1995 гг., 1996–2000 гг.) особенно активен кризис в конце XX в., когда за 4 года

Таблица 2

Динамика среднегодовой вырубленной лесозаготовками площади лесов, га

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{S} | Расчетные значения по (1) | | | Составляющие S | |
|------------|-----------|----------------|---------------------------|---------------|--------------|------------------|---------|
| | | | S | ε | $\Delta, \%$ | S_1 | S_2 |
| 1954–1955 | 0 | 18573,0 | 18587,6 | -14,6 | -0,08 | 18587,6 | - |
| 1956–1960 | 1 | 15276,8 | 15292,3 | -15,5 | -0,10 | 13458,2 | 1834,1 |
| 1961–1965 | 2 | 9635,4 | 9704,1 | -68,7 | -0,71 | 10857,4 | -1153,3 |
| 1966–1970 | 3 | 9039,2 | 9117,1 | -77,9 | -0,86 | 9007,1 | 109,9 |
| 1971–1975 | 4 | 8438,2 | 8228,4 | 209,8 | 2,49 | 7593,5 | 635,0 |
| 1976–1980 | 5 | 5977,6 | 5949,5 | 28,1 | 0,47 | 6472,8 | -523,3 |
| 1981–1985 | 6 | 5310,6 | 5201,3 | 109,3 | 2,06 | 5563,5 | -362,2 |
| 1986–1990 | 7 | 5645,6 | 5786,3 | -140,7 | -2,49 | 4813,3 | 972,9 |
| 1991–1995 | 8 | 3912,0 | 3948,5 | -36,5 | -0,93 | 4186,9 | -238,4 |
| 1996–1999 | 9 | 2307,8 | 2346,8 | -39,0 | 1,69 | 3658,5 | -1311,1 |

Примечание. \hat{S} – фактические значения вырубленной лесозаготовками площади, га; ε – разность между фактическими (\hat{y}) и теоретическими (y) значениями показателя; Δ – относительная погрешность, вычисляемая по формуле $\Delta = 100 \varepsilon / \hat{y}$. Максимальная относительная погрешность $\Delta_{\max} = 2,49 \%$. Доверительная вероятность математической модели после идентификации по статистическим данным оценивается как $100 - |\Delta_{\max}|$.

(1996–1999 гг.) произошло значительное отклонение от первой составляющей (на -1311,7 га).

Потеря устойчивости колебательного процесса начнется через 30 пятилеток, т. е. через 150 лет. К 2150 г. все площади лесов РМЭ будут вырублены полностью, если сохранится та тенденция волнового возмущения, которая ныне характерна для лесников и заготовителей.

Объемы рубок. Согласно данным табл. 1 общий объем ликвидной древесины изменяется (по тому же коду пятилеток) по формуле (табл. 3)

Таблица 3

Динамика среднегодового объема заготовленной ликвидной древесины, тыс. м³

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{Q} | Расчетные значения по (2) | | | Составляющие Q | |
|------------|-----------|----------------|---------------------------|---------------|--------------|------------------|--------|
| | | | Q | ε | $\Delta, \%$ | Q_1 | Q_2 |
| 1954–1955 | 0 | 3658,7 | 3690,2 | -31,5 | -0,86 | 3690,2 | 0,0 |
| 1956–1960 | 1 | 3058,0 | 2925,3 | 132,7 | 4,34 | 2925,3 | 0,0 |
| 1961–1965 | 2 | 2184,6 | 2366,7 | -182,1 | -8,34 | 2366,7 | 0,0 |
| 1966–1970 | 3 | 1982,2 | 1928,2 | 54,0 | 2,72 | 1928,3 | -0,2 |
| 1971–1975 | 4 | 1565,6 | 1563,8 | 1,8 | 0,11 | 1578,2 | -14,4 |
| 1976–1980 | 5 | 1271,2 | 1248,7 | 22,5 | 1,77 | 1295,8 | -47,2 |
| 1981–1985 | 6 | 1237,8 | 1249,7 | -11,9 | -0,96 | 1066,7 | 183,0 |
| 1986–1990 | 7 | 1331,8 | 1317,3 | 14,5 | 1,09 | 879,9 | 437,4 |
| 1991–1995 | 8 | 888,4 | 899,7 | -11,3 | -1,27 | 727,2 | 172,6 |
| 1996–1999 | 9 | 507,8 | 495,9 | 11,9 | 2,34 | 601,8 | -106,0 |

$$Q = 3690,2 \exp(-0,2323 i_t^{0,9353}) + 0,00001062 i_t^{34,5320} \exp(-12,9560 i_t^{0,6905}) \times \cos(\pi i_t / 0,5970 - 5,4730). \quad (2)$$

С доверительной вероятностью не ниже 91,66 % естественное снижение объемов заготовленной древесины опережает изменение общего объема только в последней пятилетке XX в. Экономический кризис положительно влияет на сохранение природных ресурсов и повышает способность их к самовосстановлению.

Волновая вторая составляющая имеет максимум в период 1986–1990 гг. и сводится к нулю через $i_t = 15$, т. е. через шесть последующих пятилеток, или к 2030 г. При этом цикл колебательного возмущения сокращается до $2 \cdot 0,5970 \cdot 5 = 5,97$ лет, т. е. до 6 лет, а начало колебания смещается назад более чем на 5 лет, т. е. к 1945 г. Этот примечательный факт указывает на то, что для выявления более полной картины динамики вырубок следует взять ряды значений показателей задолго до Великой Отечественной войны.

По первым составляющим формул (1) и (2) видно, что интенсивность гибели объема заготовленной древесины (0,9353) в 1,27 раза выше интенсивности гибели по площади (0,7355). Это свидетельствует об интенсивной потере продуктивности лесов по сравнению с их площадью.

Далее разделим объем ликвидной древесины на площадь вырубок и получим удельный запас заготовленной древесины на 1 га (табл. 4):

$$q_a = 196,55 \exp(-0,8717 i_t^{1,1784}) + 93,01 i_t^{0,4392} \exp(-0,0003376 i_t^{6,9196}) + 33,8422 i_t^{2,0766} \exp(-0,3001 i_t). \quad (3)$$

Модель (3) с высокой доверительной вероятностью 98,62 % описывает динамику плотности заготовленной древесины с вырубаемой площади.

Таблица 4

Динамика среднегодового удельного объема заготовленной ликвидной древесины, м³/га

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{q}_a | Расчетные значения по (3) | | | Составляющие q_b | | |
|------------|-----------|------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------|----------|----------|
| | | | q_b | ε | $\Delta, \%$ | q_{b1} | q_{b2} | q_{b3} |
| 1954–1955 | 0 | 197,0 | 196,6 | 0,45 | 0,23 | 196,6 | 0,0 | 0,0 |
| 1956–1960 | 1 | 200,2 | 200,3 | -0,05 | -0,02 | 82,2 | 93,0 | 25,1 |
| 1961–1965 | 2 | 226,7 | 226,7 | -0,02 | -0,01 | 27,3 | 121,1 | 78,3 |
| 1966–1970 | 3 | 219,3 | 219,5 | -0,18 | -0,08 | 8,2 | 76,7 | 134,7 |
| 1971–1975 | 4 | 185,5 | 184,8 | 0,74 | 0,40 | 2,3 | 1,2 | 181,3 |
| 1976–1980 | 5 | 212,7 | 214,0 | -1,33 | -0,63 | 0,6 | 0,0 | 213,4 |
| 1981–1985 | 6 | 233,1 | 231,0 | 2,08 | 0,89 | 0,1 | 0,0 | 230,9 |
| 1986–1990 | 7 | 235,9 | 235,6 | 0,32 | 0,14 | 0,0 | 0,0 | 235,5 |
| 1991–1995 | 8 | 227,1 | 230,2 | -3,14 | -1,38 | 0,0 | 0,0 | 230,2 |
| 1996–1999 | 9 | 220,0 | 217,8 | 2,20 | 1,00 | 0,0 | 0,0 | 217,8 |

Таблица 5

Динамика среднегодового объема заготовленной хвойной древесины, тыс. м³

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{Q}_x | Расчетные значения по (4) | | | Составляющие Q_x | |
|------------|-----------|------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------|----------|
| | | | Q_x | ε | $\Delta, \%$ | Q_{x1} | Q_{x2} |
| 1954–1955 | 0 | 2928,6 | 2930,2 | -1,6 | -0,05 | 2930,2 | - |
| 1956–1960 | 1 | 2412,1 | 2411,8 | 0,3 | 0,01 | 1668,2 | 743,6 |
| 1961–1965 | 2 | 1193,8 | 1176,8 | 17,2 | 1,44 | 1207,0 | -30,4 |
| 1966–1970 | 3 | 909,1 | 895,9 | 13,2 | 1,45 | 921,7 | -25,7 |
| 1971–1975 | 4 | 736,0 | 755,9 | -19,9 | -2,70 | 725,2 | 30,7 |
| 1976–1980 | 5 | 498,8 | 570,0 | -71,2 | -14,27 | 582,2 | -12,2 |
| 1981–1985 | 6 | 460,6 | 450,5 | 10,1 | 2,19 | 474,3 | -23,8 |
| 1986–1990 | 7 | 477,9 | 446,9 | 31,0 | 6,49 | 390,9 | 56,0 |
| 1991–1995 | 8 | 313,8 | 288,0 | 25,8 | 8,22 | 325,2 | -37,2 |
| 1996–1999 | 9 | 195,4 | 191,1 | 4,3 | 2,20 | 272,6 | -81,5 |

Таблица 6

Динамика среднегодового удельного объема заготовленной хвойной ликвидной древесины, м³/га

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{q}_δ | Расчетные значения по (5) | | | Составляющие q_x | |
|------------|-----------|-----------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------|----------|
| | | | q_x | ε | $\Delta, \%$ | q_{x1} | q_{x2} |
| 1954–1955 | 0 | 157,7 | 160,4 | -2,67 | -1,69 | 76,3 | 84,1 |
| 1956–1960 | 1 | 157,9 | 153,4 | 4,47 | 2,83 | 69,3 | 84,1 |
| 1961–1965 | 2 | 123,9 | 127,0 | -3,12 | -2,52 | 42,9 | 84,1 |
| 1966–1970 | 3 | 100,6 | 98,8 | 1,75 | 1,74 | 14,7 | 84,1 |
| 1971–1975 | 4 | 87,2 | 86,5 | 0,70 | 0,80 | 2,4 | 84,1 |
| 1976–1980 | 5 | 83,4 | 84,3 | -0,87 | -1,04 | 0,2 | 84,1 |
| 1981–1985 | 6 | 86,7 | 84,1 | 2,58 | 2,98 | 0,0 | 84,1 |
| 1986–1990 | 7 | 84,6 | 84,1 | 0,49 | 0,58 | 0,0 | 84,1 |
| 1991–1995 | 8 | 80,2 | 84,1 | -3,91 | -4,88 | 0,0 | 84,1 |
| 1996–1999 | 9 | 84,7 | 84,1 | 0,59 | 0,70 | 0,0 | 84,1 |

Если считать 15 м³/га (средний удельный объем лесосечных отходов) за минимум, то окажется, что по первой составляющей закономерность (3) исключилась уже в период 1966–1970 гг. Вторая составляющая имела максимум 121,1 м³/га в 1961–1965 гг. и также сошла с арены лесозаготовок РМЭ в 1971–1975 гг.

Нарастала третья волна хищнического отношения к лесам, так как увеличение вырубемого удельного запаса характеризует выделение в рубку высокопродуктивных участков леса в ущерб природе. Максимум 235,5 м³/га был в 1986–1990 гг. и значения 15 м³/га достигнет ($i_t = 25$) к 2075 г.

Объем хвойной ликвидной древесины изменяется по той же закономерности, что и общая площадь вырубок, т. е. с аномальной волновой составляющей (табл. 5):

$$Q_x = 2930,2 \exp(-0,5633 i_t^{0,6548}) + 259,535 i_t^{-4,6015} \exp(1,0722 i_t^{0,9945}) \times \cos(\pi i_t / 0,3743 + 2,3077). \quad (4)$$

По первой составляющей общий объем ликвида за 1950–2000 гг. снизился в 6 раз, а объем заготовленной хвойной древесины более чем в 10 раз. Доля хвойных древостоев, поступающих в рубку, с годами снижалась.

Удельный объем заготовленной хвойной древесины изменялся по формуле (табл. 6)

$$q_x = 76,255 \exp(-0,09547 i_t^{2,5906}) + 84,114. \quad (5)$$

Вторая составляющая в модели (5) имеет значение 84,1, которое характеризует нижний предел удельного объема хвойной древесины, заготовленной с 1 га.

Несплошные рубки. По нашим данным, площадь несплошных рубок изменяется по трехкомпонентной формуле (табл. 7)

$$S_i = 256,50 \exp(-0,4863 i_t) + 211,413 i_t^{-19,7826} \exp(8,0371 i_t) \cos(\pi i_t / 0,3640 - 0,7753) + 210,868 i_t^{0,3294}. \quad (6)$$

Из данных табл. 7 видно, что по модели (6) значительное отклонение имеет пятилетний период 1971–1975 гг. Причем пара точек i_t при значениях 3 и 4 имеет разные знаки, т. е. в период 1966–1975 гг. произошло сильное импульсное колебание.

Для доказательства исключим эти точки и получим модель

$$S_i = 252,89 \exp(-0,4863 i_t) + 211,511 i_t^{-22,7071} \exp(9,1893 i_t^{0,8001}) \cos(\pi i_t / 0,3640 - 0,7777) + 209,960 i_t^{0,3319}, \quad (6a)$$

которая по значениям параметров является достаточно устойчивой.

Таблица 7

Динамика среднегодовой площади несплошных рубок, га

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{S}_n | Расчетные значения по (6) | | | Составляющие S_n | | |
|------------|-----------|------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------|----------|----------|
| | | | S_n | ε | $\Delta, \%$ | S_{n1} | S_{n2} | S_{n3} |
| 1954–1955 | 0 | 252,0 | 256,5 | –4,5 | –1,79 | 256,5 | – | 0,0 |
| 1956–1960 | 1 | 130,0 | 130,2 | –0,2 | –0,15 | 157,7 | –238,4 | 210,9 |
| 1961–1965 | 2 | 163,4 | 161,7 | 1,7 | 1,04 | 97,0 | –200,2 | 265,0 |
| 1966–1970 | 3 | 491,6 | 382,1 | 109,5 | 22,27 | 59,6 | 19,6 | 302,8 |
| 1971–1975 | 4 | 234,4 | 362,8 | –128,4 | –54,78 | 36,7 | –6,8 | 332,9 |
| 1976–1980 | 5 | 382,4 | 380,3 | 2,1 | 0,55 | 22,5 | –0,5 | 358,3 |
| 1981–1985 | 6 | 408,8 | 422,0 | –13,2 | –3,23 | 13,9 | 27,6 | 380,5 |
| 1986–1990 | 7 | 293,0 | 261,5 | 31,5 | 10,75 | 8,5 | –147,4 | 400,3 |
| 1991–1995 | 8 | 939,6 | 933,5 | 6,1 | 0,65 | 5,2 | 509,9 | 418,3 |
| 1996–1999 | 9 | 827,8 | 826,9 | 0,9 | 0,11 | 3,2 | 388,8 | 434,9 |

Первая естественная составляющая соответствует закону гибели в упрощенной форме, т. е. известным законам Ципфа (биология), Парето (экономика), Мандельброта (физика). Из-за снижения общей площади и качества самих лесов площадь несплошных рубок убывает до нуля. По второй составляющей аномального поведения в последнее десятилетие XX в. происходит резкое наращивание площадей несплошных рубок, которые, однако, проводятся со значительными технологическими нарушениями. Третья составляющая неравномерного роста по модели (6а) показывает почти двукратный рост площади несплошных рубок. По-видимому, эта тенденция должна сохраниться и в XXI в., однако при значительном повышении качества выполнения самих рубок. Поэтому изменится и концепция лесозаготовок [1].

Качество древесины. По двум показателям – площади и объему вырубок – вполне возможна оценка динамики отведенных в рубку древостоев. По объему заготовок доля хвойной древесины от всей ликвидной изменяется по формуле (табл. 8)

$$P_x = 79,65 \exp(-0,2809 i_t^{0,5089}) + 266,84 i_t^{2,4285} \exp(-2,3476 i_t) \cos(\pi i_t / 0,4470). (7)$$

С доверительной вероятностью не ниже 87,61 % формула (7) описывает динамику снижения доли (процента вероятности) хвойной древесины в общем объеме лесозаготовок. Причем из данных табл. 8 видно, что вторая волновая составляющая быстро «погасла» еще в конце 70-х гг. Поэтому для дальнейших прогнозных расчетов изменения качества подходит формула

$$P_x = 79,65 \exp(-0,2809 i_t^{0,5089}). (7a)$$

Небольшое увеличение доли хвойной древесины (на 4,77 %) в последней пятилетке XX в. можно объяснить только тем, что хищническое отношение к лесам повышается, так как хвойная древесина заготавливается без ограничений, а лиственная находит меньшее применение.

Таблица 8

**Динамика среднегодового объема заготовленной хвойной древесины,
% от всего объема рубок**

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{P}_0 | Расчетные значения по (7) | | | Составляющие P_x | |
|------------|-----------|------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------|----------|
| | | | P_x | ε | $\Delta, \%$ | P_{x1} | P_{x2} |
| 1954–1955 | 0 | 80,0 | 79,65 | 0,35 | 0,44 | 79,7 | 0,0 |
| 1956–1960 | 1 | 78,9 | 78,89 | 0,01 | 0,01 | 60,1 | 18,7 |
| 1961–1965 | 2 | 54,6 | 54,46 | 0,14 | 0,26 | 53,4 | 1,0 |
| 1966–1970 | 3 | 45,9 | 46,66 | -0,76 | -1,66 | 48,7 | -2,1 |
| 1971–1975 | 4 | 47,0 | 44,46 | 2,54 | 5,40 | 45,1 | -0,6 |
| 1976–1980 | 5 | 39,2 | 42,03 | -2,83 | -7,22 | 42,1 | -0,1 |
| 1981–1985 | 6 | 37,2 | 39,58 | -2,38 | -6,40 | 39,6 | -0,0 |
| 1986–1990 | 7 | 35,9 | 37,39 | -1,49 | -4,15 | 37,4 | 0,0 |
| 1991–1995 | 8 | 35,3 | 35,46 | -0,16 | -0,45 | 35,5 | 0,0 |
| 1996–1999 | 9 | 38,5 | 33,73 | 4,77 | 12,39 | 33,7 | 0,0 |

Таблица 9

**Динамика среднегодового объема заготовленной всей древесины,
% от уровня 1955 г.**

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{P}_{1955} | Расчетные значения по (8) | | | Составляющие P_{1955} | |
|------------|-----------|-----------------------|---------------------------|---------------|--------------|-------------------------|-------|
| | | | P_{1955} | ε | $\Delta, \%$ | P_1 | P_2 |
| 1954–1955 | 0 | 99,0 | 99,24 | -0,24 | -0,24 | 93,7 | 5,6 |
| 1956–1960 | 1 | 82,7 | 81,11 | 1,59 | 1,92 | 73,3 | 7,8 |
| 1961–1965 | 2 | 59,1 | 63,07 | -3,97 | -6,72 | 52,5 | 10,6 |
| 1966–1970 | 3 | 53,6 | 49,90 | 3,70 | 6,90 | 35,9 | 14,0 |
| 1971–1975 | 4 | 42,4 | 41,62 | 0,78 | 1,84 | 23,8 | 17,9 |
| 1976–1980 | 5 | 34,4 | 37,11 | -2,71 | -7,88 | 15,3 | 21,8 |
| 1981–1985 | 6 | 33,5 | 34,67 | -1,17 | -3,49 | 9,7 | 25,0 |
| 1986–1990 | 7 | 36,0 | 32,09 | 3,91 | 10,86 | 6,0 | 26,1 |
| 1991–1995 | 8 | 24,0 | 26,37 | -2,37 | -9,88 | 3,7 | 22,7 |
| 1996–1999 | 9 | 13,7 | 13,23 | 0,47 | 3,43 | 2,2 | 11,0 |

Качество заготовленной древесины вполне возможно оценить по отношению к какому-то году, в нашем исследовании – к лучшему (по качеству лесоматериалов) 1955 г. (100 %).

Доля ликвидного запаса древесины изменяется по уравнению (табл. 9)

$$P_{1955} = 93,67 \exp(-0,2451 i_t^{1,2423}) + 5,5666 \exp(0,3505 i_t) \cos(\pi i_t / 0,5135). \quad (8)$$

Доля заготовленной древесины стремительно убывает до нуля по закону гибели в общей форме. Здесь опасно то, что интенсивность гибели 1,2423 велика и указывает на то, что природа адекватно реагирует на действия заготовителей. Вторая составляющая имеет максимум 26,1 % и уже в

Таблица 10

**Динамика среднегодового процента заготовленной хвойной древесины
от уровня 1955 г.**

| Годы учета | Код i_t | Факт \hat{P}_{x1955} | Расчетные значения по (9) | | | Составляющие P_{x1955} | |
|------------|-----------|------------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------------|----------|
| | | | P_{x1955} | ε | $\Delta, \%$ | P_{x1} | P_{x2} |
| 1954–1955 | 0 | 93,8 | 93,80 | -0,00 | -0,00 | 94,0 | -0,2 |
| 1956–1960 | 1 | 77,2 | 77,20 | -0,00 | -0,00 | 53,7 | 23,5 |
| 1961–1965 | 2 | 38,2 | 38,19 | 0,01 | 0,03 | 38,6 | -0,4 |
| 1966–1970 | 3 | 29,1 | 29,15 | -0,05 | -0,17 | 29,2 | -0,1 |
| 1971–1975 | 4 | 23,6 | 22,84 | 0,76 | 3,22 | 22,8 | 0,0 |
| 1976–1980 | 5 | 16,0 | 18,20 | -2,20 | -13,75 | 18,2 | 0,0 |
| 1981–1985 | 6 | 14,7 | 14,71 | -0,01 | -0,07 | 14,7 | -0,0 |
| 1986–1990 | 7 | 15,3 | 12,03 | 3,27 | 2,09 | 12,0 | -0,0 |
| 1991–1995 | 8 | 10,0 | 9,93 | 0,07 | 0,70 | 9,9 | 0,0 |
| 1996–1999 | 9 | 6,3 | 8,26 | -1,96 | 31,11 | 8,3 | 0,0 |

первой пятилетке XXI в. произойдет потеря устойчивости экспоненциального роста по типу «идти вразнос». Лесозаготовка будет экстремально влиять на поведение лесных массивов.

Доля хвойной древесины к уровню 1955 г. равна (табл. 10)

$$P_{x1955} = 94,03 \exp(-0,5607 i_t^{0,6678}) + 353,27 \exp(-2,7013 i_t) \cos(\pi i_t / 0,6847 - 4,7117) \quad (9)$$

и убывает еще быстрее, так как амплитуда колебания изменяется также по закону экспоненциальной гибели.

Вторая составляющая имела максимум в 1956–1960 гг., а затем ее влияние исчезло. Если исключить этот случай, то получим следующую модель ($\Delta_{\max} = 13,50 \%$) естественной гибели:

$$P_{x1955} = 93,79 \exp(-0,5661 i_t^{0,6616}) . \quad (9a)$$

Приведенные закономерности подтверждают вывод о том, что качество лесной среды убывает как адекватный отклик на поведение людей [2], использующих технологии хищнического природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазуркин П.М. Концепция механизации лесозаготовок требует пересмотра // Лесн. пром-сть. – 1991. – № 12. – С. 21.
2. Мазуркин П.М. Эконометрика России: кризис конца XX века // Теория предвидения и будущее России: Матер. 5-х Кондратьевских чтений. – М.: Ин-т экономики РАН, 1997. – С. 214–222.
3. Мазуркин П.М. Статистическое моделирование. Эвристико-математический подход. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 100 с.
4. Мазуркин П.М. Закономерности устойчивого развития. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 302.
5. Сабанцев Ю.Н., Мазуркин П.М. Статистическое моделирование лесозаготовочных данных. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 390 с.

Марийский государственный
технический университет

Кокшайский лесхоз
Республики Марий Эл

Тартуский университет (Эстония)

Поступила 18.05.02

P.M. Mazurkin, E.N. Bedertdinov, P.A. Perov

Assessment and Forecast of Forest Area Quality

A new assessment method of continuously changing forest stock quality is shown based on statistical regularities of forest harvesting dynamics in the territory in question. Forest harvesting dynamics in the forest complex of Mari El Republic is analyzed over half a century for every five years.