

И. А. АЛЕКСЕЕВ

**ПОКАЗАТЕЛИ БИОМАССЫ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОЛИННЫХ КОМПЛЕКСОВ
ЮГА АМУРО-ЗЕЙСКОЙ РАВНИНЫ**

Характеризуются особенности показателей биомассы травянистой растительности элементарных ландшафтов долинных комплексов южной части Амуро-Зейской равнины. Варьирование показателей биомассы рассматривается как критерий оценивания (бонитировки) выделов элементарных ландшафтов. Приводятся результаты анализа величин соотношений сырой массы, сена и золы как основных индикаторов экологической ценности выделов элементарных ландшафтов.

Characteristics of biomass indices of grass vegetation from the valley complexes in the southern part of the Amur-Zeya plain are considered. Variation of biomass indices is regarded as the assessment criterion for elementary landscape individuals. Presented are the results from analyzing raw mass — hay — ash ratios as the basic indicators of ecological value of elementary landscape individuals.

Определение биологической массы растительности — важный фактор оценки биологической продуктивности территории — может служить достаточно надежным критерием геоэкологической оценки ландшафтных комплексов [1, 2]. Биологическая масса как показатель качества ландшафтного комплекса позволяет учесть эффективность взаимодействия всех основных компонентов ландшафта — почвы, геоморфологических структур, природных вод, микроклимата.

Изучение биологической массы растительности прямым путем (применительно к вегетативным органам травяной растительности, листовым пластинкам древесной растительности) и косвенным (на основе определения запаса древесины по формуле Даукинса [3]) в комплексе с анализом ее структуры — ландшафтной, микроклиматических показателей, геоморфологической, экологической, видовой, почвенного покрова — позволяет осуществлять полноценную качественную оценку ландшафтов. При этом для получения разносторонних данных об экологической эффективности биологической массы можно определять сырую биомассу, биомассу сухих образцов, сухого биологического вещества, их различные отношения и средневзвешенные (удельные) показатели.

Показателями сырой, сухой биомассы и массы сухого биологического вещества оперируют многие исследователи. Под сырой биомассой обычно понимают массу свежесобранных (свежеукошенных надземных, в отдельных случаях — подземных) вегетативных и генеративных органов растений. Сухая биологическая масса определяется на основе высушивания в специальных условиях собранных вегетативных и генеративных органов растений после взвешивания в сыром виде. Сухое биологическое вещество, как правило, представлено озоленными, предварительно высушенными до состояния сена и взвешенными вегетативными и генеративными органами растений. Однако для эффективности анализа показателей биомассы растений важно определить соотношение всех ее названных видов. Это необходимо для выявления сравнительных величин собственно биомассы сена и золы.

Теоретические и методические подходы к изучению биологической продуктивности биотических компонентов ландшафта, изложенные в работах ландшафтоведов [1, 4, 5], почвоведов [6–9], геоэкологов и геохимиков [10–15], геоботаников [16, 17], и послужили теоретическим и методическим базисом проведенных исследований.

Большинство ландшафтоведов, основываясь на фундаментальных работах Д. Л. Арманда [4] и К. Тролля [5], считают определение биологической продуктивности обязательным элементом комплексных ландшафтных исследований. При этом эффективность биологической продуктивности может выявляться на основе как учета агроклиматических показателей в период вегетации, так и полевого изучения показателей биологической массы. Однако в классическом ландшафтоведении показатели биологической продуктивности имеют второстепенное значение. Между тем многие ландшафтоведы при характеристике отдельных физико-географических таксонов, меньших, чем провинция, и зональных типов ландшафтов используют ранее полученные данные о биопродуктивности подобных комплексов. При геоэкологической оценке ландшафта, определяющей уровень его «успешного» функционирования и качества агроклиматических условий, биопродуктивность является наиболее оптимальным показателем.

Н. Л. Благовидов одним из основных показателей ценности земель считал биологическую продуктивность естественной фоновой растительности и основных сельскохозяйственных культур [6, 7], хотя интегральные показатели бонитета земель могут служить основой при определении бонитета ландшафтных комплексов, в пределах которых они локализованы.

Л. Г. Раменский при рассмотрении общих вопросов почвоведения и биогеоценологии особое значение придавал изучению видовой специфичности биологической продуктивности различных биогеоценозов [8, 9]. Он также изложил основы ныне широко применяющихся методик изучения растительного покрова на уровне горизонтальной и вертикальной структур биогеоценозов. Разработанная им методика изучения эпифаций (физико-географическая фация, элементарный ландшафт) является прототипом современных методик дифференциации элементарных ландшафтных контуров.

Н. И. Базилевич в целом ряде работ приводит концептуальные графические модели круговорота веществ в тех или иных типах экосистем, данные по методике расчета живой и мертвой фитомассы, ее прироста с учетом фитоценологических, зональных, аazonальных и интразональных факторов [3, 10, 12, 13]. На основе этих данных территория юга Амуро-Зейского междуречья отнесена к суббореальному поясу, для участков остепненных широколиственных лесов (дубрав) которого определена биологическая продукция.

Вполне применимы к условиям территории южной части Амурской области приведенные им показатели биопродуктивности болот — травяных, низинных с торфяно-глеевыми почвами и торфяниками. Методика определения биопродуктивности биогеоценозов основывается как на непосредственном ее изучении в полевых условиях, так и на косвенном — камерально. Ценность этой методики при определении биологической продуктивности растительного покрова заключается в ее универсальности и простоте.

Л. И. Сверлова приводит данные по агроклиматической оценке территории Амурской области на основе учета биоклиматической продуктивности земель [14, 15], а также о биологической продуктивности отдельных ландшафтных комплексов.

В книге «Методические указания по экологической оценке кормовых угодий тундровой и лесной зон Сибири и Дальнего Востока по растительному покрову» приводятся элементы определения биологической продуктивности растительных ассоциаций и варианты последующей обработки данных [16], причем приведенные основные методы легко адаптируются для любых местных условий.

В 1974 г. были рассмотрены основы методики полевого изучения биологической продуктивности растительного покрова и математического аппарата статистической обработки первичных данных [17], которая в отличие от аналогичных базируется на учете биомассы листья древесных и вегетативных надземных органов травянистых растений. Приведенные формулы математической обработки данных также могут использоваться при изучении элементарных ландшафтных комплексов.

В целом большинство рассмотренных методик определения биологической продуктивности вполне применимо при полевом изучении особенностей дифференциации ландшафтов, однако практически все они должны соответствовать цели исследования с учетом местных условий. Необходимо отметить преимущество методик, предложенных Н. И. Базилевич [3, 10, 12, 13] и представленных в «Программе и методике биогеоценологических исследований» [17], базовые элементы которых использованы нами при полевых ландшафтных исследованиях 2003 г.

Применительно к территории Амурской области изучение особенностей пространственной дифференциации показателей биомассы растительности проводилось фрагментарно и на высоком таксономическом уровне ландшафтных структур. Модельным участком выбрана окраина южной части Амуро-Зейского междуречья, расположенная в южной приграничной части Амурской области российского Дальнего Востока. Этот выбор определялся локализацией на относительно небольшой площади природных, природно-антропогенных и антропогенных комплексов.

Полевое изучение особенностей ландшафтов территории, элементарных ландшафтных контуров, в том числе и пространственной дифференциации показателей биологической массы травяной растительности в полевой период 2003 г., проводилось нами на ключевых участках, выбор которых обусловлен необходимостью анализа однотипных по геоморфологической и, соответственно, микроклиматической структуре ландшафтных комплексов, типичных для всей территории исследований и изолированных друг от друга водоразделами.

В рассматриваемом районе этим требованиям отвечают долинные комплексы — долинообразные понижения флювиального происхождения. Нами исследованы особенности элементарных ландшафтных контуров фрагментов падей Гантимурихи, Моховой, Сенной, Горбунихи, Лазаретной, Карантинной, Полячки, Дальней, Безымянки, Поперечной, Безымянной, Шабалина и фрагментов выровненных поверхностей пойменных и надпойменных террас в районе пос. Аэропорт—с. Игнатьево.

Основные задачи изучения ключевых участков — обоснование дифференциации контуров элементарных ландшафтов, определение особенностей их геометрии и характера природных компонен-

тов. Уже на этапе планирования исследований выявлена необходимость определения интегрального показателя для оценки естественной (экологической) и хозяйственной ценности ландшафтных единиц. Таким наиболее информативным показателем является биологическая масса, определяемая нами на основе учета запасов биомассы вегетативных, генеративных органов травяных растений и запасов древесины древесных. Запасы древесины определялись на основе уже сложившихся и многократно апробированных методик [3, 4, 10–13, 16, 17] и показали в среднем сходные для всех ключевых участков результаты.

Живая (сырая) биомасса вегетативных и генеративных органов трав определялась путем трехкратного укоса на трех аналитических площадках размером в один квадратный метр, расположенных по диагонали в пределах одного контура элементарного ландшафта. Собранные образцы высушивались при температуре 20 °С (± 3 °С) и относительной влажности 60–80 %, затем взвешивались (определение массы сена) на электронных весах с точностью $\pm 0,1$ мг.

Высушенные образцы травяной растительности озолялись в сушильном шкафу в керамических тиглях при температуре 400 °С; взвешивание (определение сухой массы) образцов в тиглях при этом производилось на аналитических весах с точностью $\pm 0,001$ мг и после озоления (см. таблицу). Определены средние показатели различных типов биологической массы травяной растительности по всем элементарным ландшафтам, а также средние удельные (средневзвешенные) показатели для всей исследованной территории: масса сырого вещества 122,6 г/м², или 1226,4 кг/га; сена соответственно — 24,9 и 249,9; сухого вещества (зола) — 11,2 и 112,4.

Уровень биологической продуктивности травяной растительности определялся нами косвенным путем на основе соотношения сырой и сухой (зола) массы: чем больше величина этого соотношения, тем, соответственно, выше уровень биологической продуктивности. Как показал анализ данных по различным типам массы образцов травяной растительности и их соотношениям (см. таблицу), наи-

Показатели биомассы травяной растительности на ключевых участках долинных комплексов южной части Амуро-Зейского междуречья (в числителе — общие, в знаменателе — средние)

Ключевой участок	Сырое вещество, г	Сено, г	Зола, г	Соотношение		
				сырой массы и сена	сырой массы и золы	сена и золы
Падь Моховая	$\frac{1084}{83,3}$	$\frac{340}{26,1}$	$\frac{91,9}{22,9}$	$\frac{38,2}{2,9}$	$\frac{17,4}{4,3}$	$\frac{9,5}{2,3}$
пос. Аэропорт – с. Игнатьево	$\frac{562}{187,3}$	$\frac{92}{30,6}$	$\frac{1,7}{1,7}$	$\frac{18,4}{6,1}$	$\frac{141,9}{141,9}$	$\frac{23,4}{23,4}$
Долина р. Симоновки	$\frac{1420}{78,8}$	$\frac{418}{23,2}$	$\frac{59}{14,7}$	$\frac{64,7}{3,5}$	$\frac{158,2}{39,5}$	$\frac{42,4}{10,6}$
Урочище Мухинское	$\frac{836}{139,3}$	$\frac{280}{46,6}$	$\frac{19,9}{3,9}$	$\frac{57}{9,5}$	$\frac{113,9}{22,7}$	$\frac{37,9}{7,5}$
Падь Сенная	$\frac{2430}{67,5}$	$\frac{693}{19,2}$	$\frac{129}{14,3}$	$\frac{125,9}{3,4}$	$\frac{81,6}{9}$	$\frac{25,5}{2,8}$
Падь Чебуковская	$\frac{584}{64,8}$	$\frac{158}{17,5}$	$\frac{22,5}{7,5}$	$\frac{32,4}{3,6}$	$\frac{37,1}{12,3}$	$\frac{9,9}{3,3}$
Озеро Песчаное	$\frac{3570}{119}$	$\frac{716}{23,8}$	$\frac{97}{10,7}$	$\frac{169,4}{5,6}$	$\frac{101,3}{11,2}$	$\frac{40}{4,4}$
Падь Пивовариха	$\frac{516}{172}$	$\frac{54}{18}$	$\frac{16,6}{16,6}$	$\frac{33,2}{11}$	$\frac{19,6}{19,6}$	$\frac{0,8}{0,8}$
Падь Безымянка	$\frac{1022}{113,5}$	$\frac{182}{20,2}$	$\frac{5,1}{1,7}$	$\frac{55}{6,1}$	$\frac{254,9}{84,9}$	$\frac{36,2}{12}$
Падь Безымянная	$\frac{372}{53,1}$	$\frac{124}{17,7}$	$\frac{5,2}{1,7}$	$\frac{21,4}{3}$	$\frac{91,9}{30,6}$	$\frac{23,1}{7,7}$
Падь Дальняя	$\frac{1060}{117,7}$	$\frac{217}{24,1}$	$\frac{7,7}{1,9}$	$\frac{47,3}{5,2}$	$\frac{135,6}{33,9}$	$\frac{27,8}{6,9}$
Падь Лазаретная	$\frac{1390}{106,9}$	$\frac{407}{31,3}$	$\frac{41,4}{20,7}$	$\frac{47}{3,6}$	$\frac{21,9}{10,9}$	$\frac{7,9}{3,9}$
Падь Карантинная	$\frac{2616}{290,6}$	$\frac{236}{26,2}$	$\frac{109,5}{27,3}$	$\frac{64,5}{7,1}$	$\frac{129,7}{32,4}$	$\frac{8,8}{2,2}$

большую продуктивность имеют следующие системы холмисто-увалистого рельефа: выровненные днища долинообразных понижений падей Безымянки, Карантинной, урочища долины р. Симоновки; выровненные площадки высокой поймы и первой надпойменной террасы на участке пос. Аэропорт—с. Игнатьево; склоны ЮЮЗ экспозиции с крутизной 10° урочища в долине р. Симоновки; склоны ЮЮВ и ССЗ экспозиции с крутизной 20° пади Безымянки; склоны ЮЮВ экспозиции с крутизной 35° пади Дальней. Однако соотношение массы сырого вещества и сена на этих же ключевых участках несколько ниже, что объясняется значительной сырой массой и высоким содержанием в ней углеводов.

При анализе учитывались также особенности гидроклиматических показателей на различных фрагментах территории [6, 8]. Растительность днища долинообразных понижений представлена переувлажненными луговыми и болотными ассоциациями с доминированием хвоща полевого, вики полевой, леспедецы двцветной, осок и злаков; выровненных площадок и первой надпойменной террасы Амура — суходольными луговыми ассоциациями с сильно выраженным вторичным характером и доминированием нескольких видов крапивы, осок и злаков. На склоновых же комплексах отмечены разреженные группировки смешанных лесов и дубрав.

Наибольшая биомасса и, соответственно, биологическая продуктивность растительности на переувлажненных котловинообразных, выровненных днищах долинообразных понижений и пологих склонах форм холмисто-увалистого рельефа объясняется оптимальным для травяной и древесной растительности уровнем увлажнения, накоплением в них веществ-мигрантов и относительно мягким микроклиматом. Подобный уровень биологической продуктивности на заболоченных и непригодных для строительства и садоводства участках можно объяснить слабым их антропогенным преобразованием.

В целом рассмотрены показатели биологической массы травяной растительности более чем для 75 видов элементарных ландшафтов. Рассчитаны поправочные коэффициенты для кустарниковой растительности и мохового покрова. Для установления связи между показателями биологической массы, типом ландшафта и особенностями местоположений рассчитаны показатели полихорической связи Плохинского (коэффициент взаимной сопряженности Чупрова) [18], значения которых находятся в пределах 0,76–0,91. Поскольку коэффициент корреляции по каждому ряду показателей в среднем на 0,1–0,2 превышает полихорический показатель связи Плохинского, анализируемую выборку можно считать достоверной.

Полученные показатели различных видов биологической массы позволили определить уровень качества и осуществить комплексную оценку экологической и хозяйственной ценности отдельных участков территории южной части Амуро-Зейской равнины. На основе анализа показателей биологической массы выявлены уровень устойчивости ландшафтных комплексов, их ценность, антропогенная измененность. Все полученные показатели биологической массы в совокупности с качественным валовым химическим анализом образцов травяной растительности позволяют грамотно организовать системы охраны природы и формировать ресурсные базы сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. — М.: Высш. шк., 1991.
2. Исаченко А. Г. Экологическая география России. — СПб, 2001.
3. Базилевич Н. И. Продуктивность, энергетика и биогеохимия наземных экосистем Тихоокеанского кольца // Вопросы географии. Геофизика ландшафта (теоретические аспекты, подходы к моделированию, результаты). — М.: Мысль, 1981. — Сб. 117.
4. Арманд Д. Л. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. — М.: Наука, 1988.
5. Troll C. Ökologische Landschaftsforschung und vergleichende Hochgebirgsforschung. — Wiesbaden: PGFD, 1966.
6. Благовидов Н. Л. Качественная оценка земель (бонитировка почв и оценка земель). — М., 1960.
7. Благовидов Н. Л. Качественная оценка земель и их рациональное использование. — Л.: Наука, 1962.
8. Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. — М.: Сельхозгиз, 1938.
9. Раменский Л. Г. Проблемы методики и методы изучения растительного покрова. — Л.: Наука, 1971.
10. Базилевич Н. И. Баланс химических веществ в природных, трансформированных искусственных экосистемах (концептуальная модель) // Гетеротрофы в экосистемах Центральной лесостепи. — М., 1979.
11. Базилевич Н. И. Баланс химических веществ в природных, трансформированных искусственных экосистемах (концептуальная модель) // Гетеротрофы в экосистемах Центральной лесостепи. — М., 1979.
12. Базилевич Н. И., Гребенщиков О. С., Тишков А. А. Географические закономерности и функционирование экосистем. — Л.: Наука, 1986.
13. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / Титлянова А. А., Базилевич Н. И., Снытко В. А. и др. — Новосибирск: Наука, 1988.

14. **Сверлова Л. И.** Агроклиматические ресурсы и оценка биоклиматической продуктивности земель колхозов и совхозов Амурской области. — Благовещенск: РИО Амурпрполиграфиздата, 1986.
15. **Сверлова Л. И.** Сельскохозяйственная оценка продуктивности климата Восточной Сибири и трассы БАМ для ранних яровых культур. — Л.: Гидрометеиздат, 1980.
16. **Методические** указания по экологической оценке кормовых угодий тундровой и лесной зон Сибири и Дальнего Востока по растительному покрову. — М., 1978.
17. **Программа** и методика биогеоценотических исследований / Отв. ред. Н. В. Дылис. — М., 1974.
18. **Александрова Т. Д.** Опыт статистического изучения степени связи компонентов при ландшафтных исследованиях // Изв. АН СССР. Сер. географ. — 1967. — № 3.

*Амурский комплексный научно-исследовательский институт
АНЦ ДВО РАН, Благовещенск*

*Поступила в редакцию
11 января 2005 г.*