

## Пространственно-типологическая дифференциация экосистем Западно-Сибирской равнины

### Сообщение II

#### Подземная фитомасса, мортмасса и гумус почв

В. А. ХМЕЛЕВ<sup>1</sup>, А. А. ТИТЛЯНОВА<sup>1</sup>, В. П. СЕДЕЛЬНИКОВ<sup>2</sup>, Ю. С. РАВКИН<sup>3</sup>,  
И. Н. БОГОМОЛОВА<sup>3</sup>, И. П. КОКОРИНА<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18  
E-mail: soil@issa.nsc.ru

<sup>2</sup>Центральный сибирский ботанический сад СО РАН  
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101

<sup>3</sup>Институт систематики и экологии животных СО РАН  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11  
и Томский государственный университет

<sup>4</sup>Сибирская государственная геодезическая академия  
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10

#### АННОТАЦИЯ

Кластерный анализ экосистем по растительному покрову, мортмассе и подземной части биоты (включая гумус почв) показал, что в дифференциации растительности можно считать примерно равным влияние зональной теплообеспеченности и увлажнения (заболоченности), а по подземной части экосистем влияние заболоченности явно доминирует. Внутритиповые отличия подземного блока определяются зонально-подзональной неоднородностью в тепло- и влагообеспеченности, составом растительности и заливанием в половодье. При этом четкого совпадения с подзональным делением нет. Объединение носит скорее групповой (по этому признаку) характер при одинаковом значении заливания в половодье и состава лесобразующих пород.

**Ключевые слова:** гумус, мортмасса, подземная фитомасса, пространственная дифференциация, Западно-Сибирская равнина, кластерный анализ.

Публикация статьи по пространственно-типологической дифференциации экосистем по растительному покрову Западно-Сибирской равнины [1] преследовала две цели: выяснить причины отличий в классификациях животного населения и растительности, т. е.

связаны они с разницей в реакции животных и растений на среду обитания или обусловлены различиями в подходах к классификации, и дать анализ неоднородности экосистем этой территории по всем возможным признакам. Для достижения последней из упомянутых целей выявлена пространственно-типологическая неоднородность экосистем по признакам их подземно-почвенной составляющей. Методы классификации и анализа, а также характеристика использованных материалов описаны ранее [1–5].

Хмелев Владимир Алексеевич  
Титлянова Аргента Антониовна  
Седелников Вячеслав Петрович  
Равкин Юрий Соломонович  
Богомолова Ирина Николаевна  
Кокорина Ирина Петровна

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании сходства показателей воздушно-сухой массы гумуса почв, мортмассы и подземной фитомассы по выделам карты растительности [6] составлена классификация, включающая типы и подтипы экосистем. Первые из них далее выделены шрифтом.

### Экосистемы:

**1 – незаболоченных плакоров и пойм** (кроме лугов тундровой зоны; доля, %: гумус 65, мортмасса 20, фитомасса 15; общая воздушно-сухая масса, т/км<sup>2</sup> – 18 348);

1.1 – арктических тундр (гумус 78, мортмасса 17, фитомасса 5; 10 166);

1.2 – тундр субарктических и в пределах предтундровых редколесий (гумус 59, мортмасса 32, фитомасса 9; 17 267);

1.3 – лесов, редколесий, а также полей в сочетании с перелесками в пределах лесной зоны (гумус 56, мортмасса 23, фитомасса 22; 20 088);

1.4 – лесов и полей в сочетании с перелесками в пределах лесостепи (гумус 86, мортмасса по 7; 31 768);

1.5 – пойм (гумус 75, фитомасса 13, мортмасса 11; 16 223);

1.6 – внепойменных лугов и луговых степей (гумус 74, мортмасса 16, фитомасса 10; 11 480);

1.7 – сельскохозяйственных земель на месте внепойменных лугов и луговых степей (гумус 96, мортмасса 3, фитомасса 1; 35 081);

1.8 – настоящих степей (гумус 74, фитомасса 15, мортмасса 10; 11 415);

1.9 – сельскохозяйственных земель на месте настоящих степей (гумус 94, мортмасса 5, фитомасса 2; 19 750);

**2 – болот и лугов тундровой зоны** (мортмасса 49; гумус 41, фитомасса 10; 12 652);

**3 – болот бореальных и суббореальных** (мортмасса 78, фитомасса 22; 4115).

Если судить по этой классификации, наибольшие показатели суммарной массы гумуса, мортмассы и подземной фитомассы свойственны незаболоченным плакорам и поймам (без лугов тундровой зоны – 18 348 т/км<sup>2</sup>). В 1,5 раза меньшие значения отмечены для болот и лугов тундровой зоны и в 4,5 раза – для бореальных и суббореальных болот. При этом в первом типе экосистем наиболее велика доля гумуса – 65 %, меньше морт- и фитомассы (примерно в 3–4 раза). На болотах и лугах тундровой зоны почти половина приходится на мортмассу, несколько меньше – на гумус и всего 10 % – на подземную фитомассу. В последнем из выделенных типов экосистем мортмасса составляет 78 %, а остальное приходится на фитомассу. Гумуса на бореальных и суббореальных болотах почти нет (см. таблицу).

На графе сходства при общем изменении в связи с увеличением теплообеспеченности к югу четко прослеживаются отличия, определяемые заболоченностью, зональностью, распашкой и иссушением (рис. 1). Следует отметить, что нижние края развернутого веером графа на самом деле в факторном пространстве сближены за счет непоказан-

Характеристика экосистем по гумусу, мортмассе и подземной фитомассе, т/км<sup>2</sup>  
(по выделам карты растительности [6])

Таксон классификации	Гумус в слое, см			Мортмасса		Подземная фитомасса
	0–20	21–50	51–100	Подстилка	Мертвая органика	
1	6165	4117	1611	1353	2328	2774
1.1	5350	2625	0	640	1090	461
1.2	6835	3323	0	1817	3782	1511
1.3	5373	3219	2569	1952	2590	4385
1.4	1287	9500	4867	1150	1167	2218
1.5	6523	5587	1269	428	1415	2150
1.6	3311	3767	1367	468	1387	1181
1.7	15600	11940	6240	0	980	321
1.8	2200	6300	0	240	910	1765
1.9	8500	5900	4133	0	910	307
2	2875	1888	488	2096	4046	1260
3	0	0	0	2000	1200	915

Типы (1-3) и подтипы экосистем (1.1-1.9)

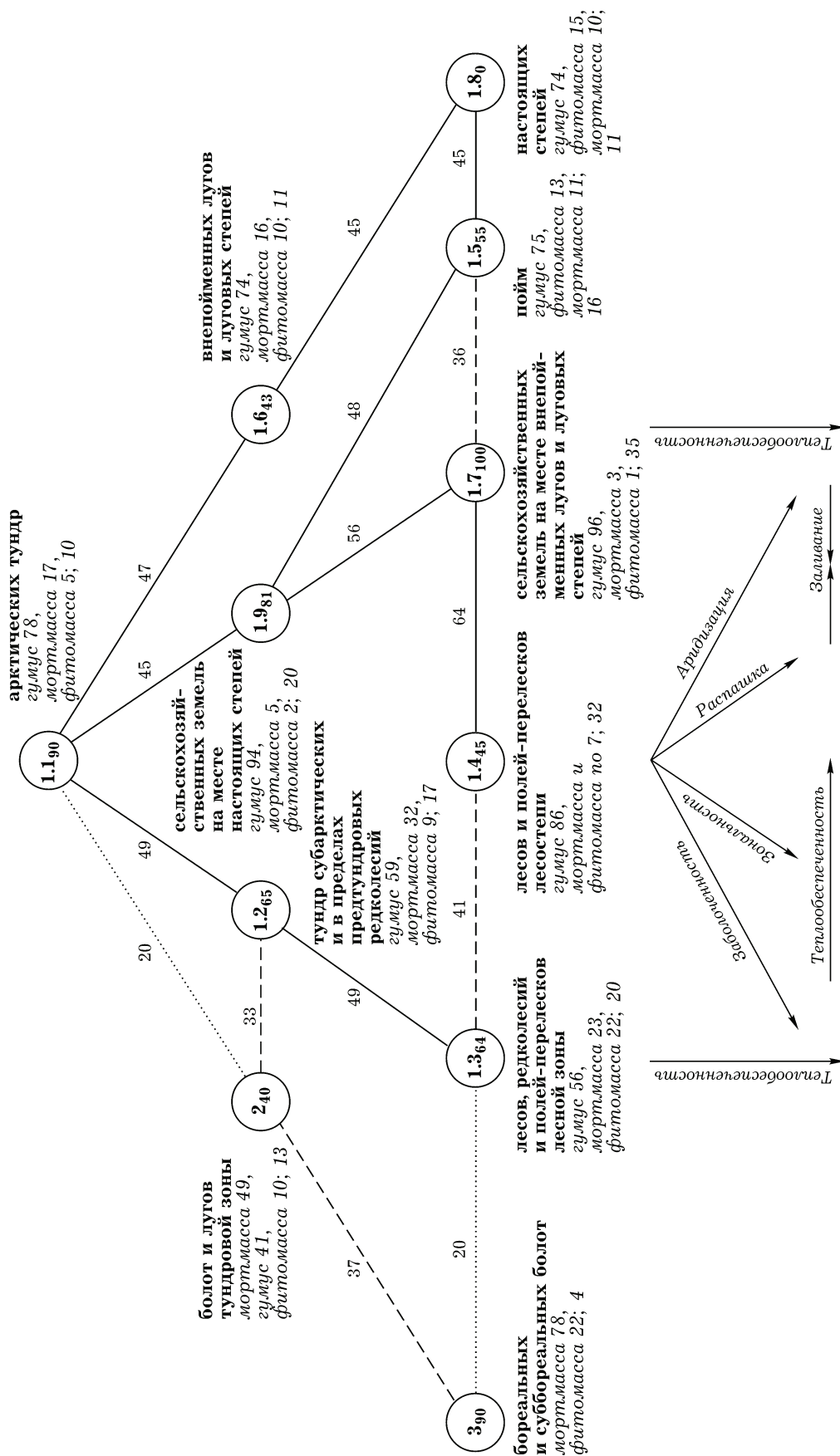


Рис. 1. Граф сходства экосистем Западно-Сибирской равнины (по выделам карты [6]).

Цифры внутри значков – номера типов и подтипов по соответствующей классификации, индексы около этих цифр – среднее внутритиповое сходство входящих в него экосистем. Значки соединены сплошными линиями при сверхпороговом сходстве, прерывистыми – при максимальном, если оно ниже порога; пунктиром показаны дополнительные связи. Около значков приведены характеристики экосистем и доля (%) составляющих их блоков, а также суммарная воздушно-сухая масса (в среднем по таксону, тыс. т). Стрелки указывают направление возрастания действия фактора среды, определяющего изменения экосистем

ного сходства таксонов 1.2 и 1.5 (45 единиц сходства). Это искажение принципиально не меняет представлений, но существенно упрощает рисунок и его восприятие. Закономерных отличий в общей массе по анализируемым показателям не выявлено.

После усреднения по группам выделов карты растительности [6] классификация экосистем имеет более сборный, обобщенный характер, хотя деление на подтипы детальнее, чем по выделам. Типы почти идентичны. Эта классификация составлена дополнительно потому, что информация о подземных компонентах недостаточна и в ряде случаев сведения о них, при отсутствии данных, распространены на близкие экосистемы. Средние значения, рассчитанные по группам выделов, в этом случае не имеют стопроцентного сходства, что больше соответствует действительности. Классификация экосистем по гумусу почв, мортмассе и подземной фитомассе по группам выделов карты растительности выглядит следующим образом.

#### **Экосистемы:**

**1 – незаболоченных плакоров и пойм** (кроме тундровых пойм; доля, %: гумус 65, мортмасса 20, подземная фитомасса 15; всего, т/км<sup>2</sup> – 18 353<sup>1</sup>);

1.1 – арктических тундр (гумус 70, мортмасса 23, фитомасса 8; 7624);

1.2 – северных субарктических тундр (гумус 58, мортмасса 30, фитомасса 11; 10 518);

1.3 – северных субарктических долин притоков (гумус 55, мортмасса 30, фитомасса 15; 11 471);

1.4 – южных субарктических тундр, предтундровых редколесий и долин притоков в их пределах (гумус 57, мортмасса 34, фитомасса 9; 18 055);

1.4.1 – южных субарктических тундр (кроме редкокустарниковых) и долин притоков крупных рек в их пределах (гумус 63, мортмасса 30, фитомасса 7; 17 629);

1.4.2 – редкокустарниковых южных субарктических тундр (гумус 56, мортмасса 35, фитомасса 9; 15 499);

1.4.3 – предтундровых редколесий и долин притоков в их пределах (гумус 48, мортмасса 40, фитомасса 12; 19 067);

1.5 – светлохвойных северотаежных лесов и редколесий (гумус 53, мортмасса 31, фитомасса 16; 14 429);

1.6 – лесов от северной тайги до лесостепи, кроме северотаежных светлохвойных (гумус 58, мортмасса и фитомасса по 21; 22 546);

1.6.1 – темнохвойных редкостойных лесов северной тайги (гумус 65, мортмасса 25, фитомасса 10; 23 530);

1.6.2 – светлохвойных лесов от средней тайги до подтаежных лесов, темнохвойных, темнохвойно-мелколиственных и мелколиственных лесов северной тайги, кроме темнохвойных редкостойных (гумус 56, мортмасса 26, фитомасса 18; 17 933);

1.6.3 – лесов средней тайги, кроме сосновых (гумус 41, фитомасса 35, мортмасса 24; 25 873);

1.6.4 – южно-таежных и подтаежных лесов, кроме сосновых (гумус 61, фитомасса 21, мортмасса 18; 22 453);

1.6.5 – лесостепных лесов, кроме сосновых (гумус 91, мортмасса 5, фитомасса 4; 40 760);

1.6.6 – сосновых лесов лесостепи (гумус 55, фитомасса 25, мортмасса 20; 13 782);

1.7 – пойм и долин притоков, лугов, степей и сельскохозяйственных земель на их месте от северной тайги до степей (гумус 81, фитомасса 10, мортмасса 9; 17 841);

1.7.1 – пойм и долин притоков (гумус 74, фитомасса 13, мортмасса 10; 17 048);

1.7.2 – лугов (кроме галофитных среди болот), степей и сельскохозяйственных земель (гумус 90, мортмасса 6, фитомасса 4; 19 369);

**2 – тундровых болот, лугов и пойм** (мортмасса 87, фитомасса 13; 8524);

2.1 – лугов и пойм (мортмасса 80, фитомасса 20; 4261);

2.2 – болот (мортмасса 89, фитомасса 11; 11 366);

**3 – бореальных и суббореальных болот и галофитных лугов среди них** (гумус 47, мортмасса 39, фитомасса 14; 7862).

Таким образом, отличия сводятся только к отнесению пойменных биоценозов тундровой зоны в единый тип с болотами. Общий характер разделения совпадает с зональной теплообеспеченностью, заболоченностью и заливанием в половодье, а также с составом расти-

<sup>1</sup> Различия в показателях связаны не только с некоторой разницей в составе таксонов, но и в последовательности усреднения, в первом случае – по исходным данным, во втором – по среднегрупповым показателям.

Типы (1–3) и подтипы экосистем (1.1–2.2)

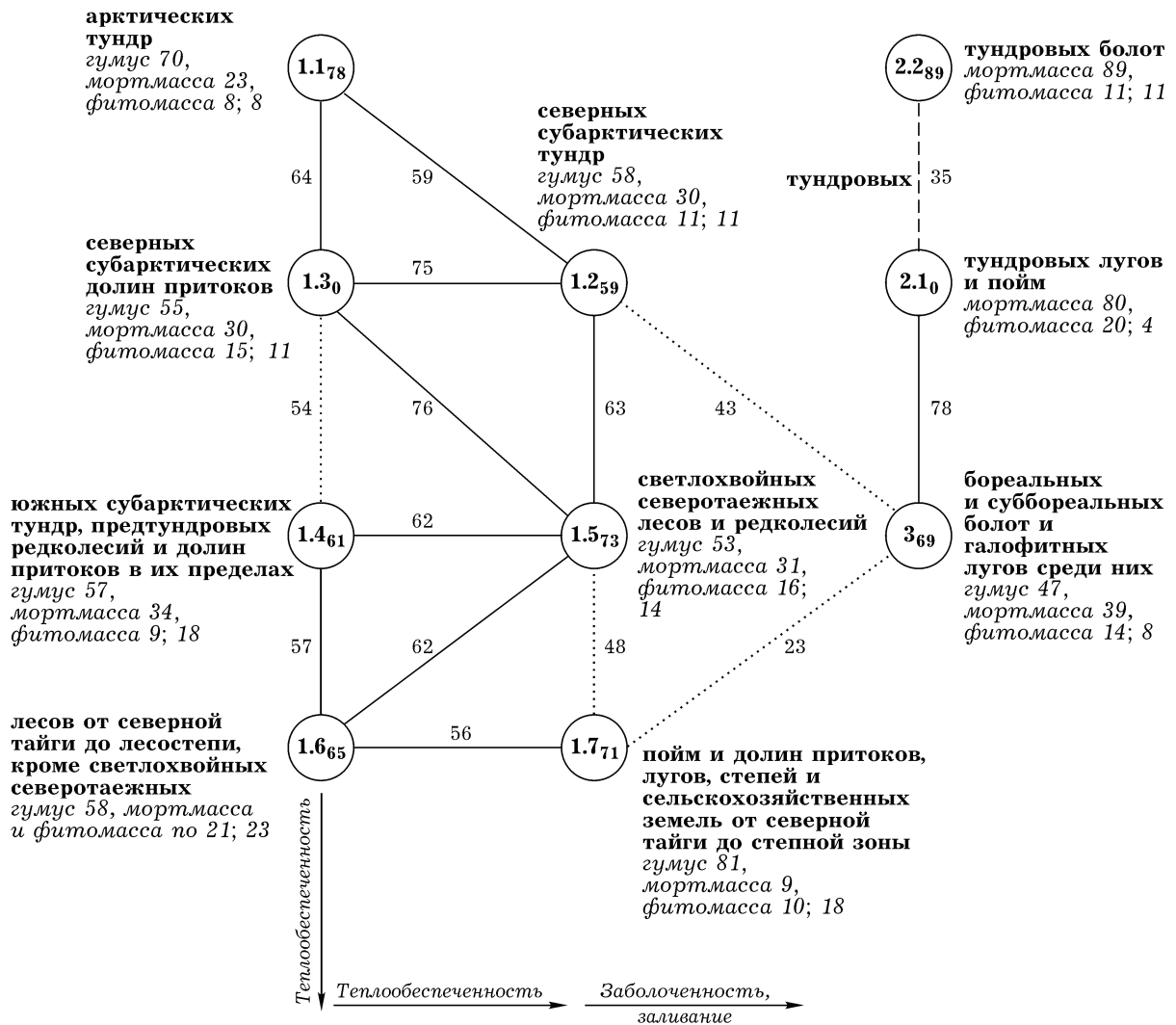


Рис. 2. Граф сходства экосистем Западно-Сибирской равнины (по группам выделов карты [6]).

Обозначения как на рис. 1

тельности, в том числе лесообразующих пород, и сельскохозяйственным использованием земель. Отличия в общей массе по избранным признакам и в соотношении составляющих их компонентов близки к выявленным при анализе по выделам карты растительности так же, как основные тренды, коррелирующие с изменениями факторов внешней среды (рис. 2). Столь же значительное сходство прослеживается и с классификациями экосистем по надземной растительности [1].

Информативность классификационных и структурных представлений о подземной части экосистем по выделам карты и их группам почти одинакова (классификации 31 и 36 % учтенной дисперсии, структур 39 и 27 %; все-

го по 41 %; множественный коэффициент корреляции по 0,64). Карта, выполненная по первой классификации, представлена на рис. 3 (см. на вклейке после стр. 323).

Сопоставляя классификации экосистем по надземной растительности и подземной части биоты (включая гумус почв), следует отметить меньшую дифференциацию последней, по крайней мере на уровне типов и в южной части равнины. Так, во второй классификации выделение групп типов нецелесообразно. В первом случае типов экосистем по растительности 4–5, во втором – 3, при этом первый из них включает все экосистемы, кроме болотных. Таким образом, в дифференциации экосистем по надземной растительности

можно считать примерно равным влияние зональной теплообеспеченности и увлажнения (заболоченности), а по подземной части экосистем влияние заболоченности явно доминирует. Внутритиповые различия в первом типе подземного блока определяются зонально-подзональными изменениями, составом растительности и заливанием в половодье. При этом четкого совпадения с подзональным делением нет. Объединение носит скорее групповой, по этому признаку, характер при одинаковом значении заливания в половодье и состава лесобразующих пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Седельников В. П., Равкин Ю. С., Титлянова А. А., Богомолова И. Н., Николаева О. Н. Пространственно-типологическая дифференциация экосистем Западно-Сибирской равнины. Сообщение первое. Растительный покров // Сиб. экол. журн. 2011. Т. 18, № 3. С. 311–323.
2. Равкин Ю. С., Ливанов С. Г. Факторная зоогеография. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2008. 205 с.
3. Титлянова А. А., Кудряшова С. Я., Косых Н. П., Шибарева С. В. Воспроизводство фитомассы и почвенного органического вещества // Природные ресурсы антропосферы: воспроизводство, стоимость, рента. М.: Изд-во “Янус-К”, 2002. С. 110–137.
4. Вальтух К. К., Кривенко А. П., Пузанков Ю. М., Минин В. А., Седельников В. П., Сергеев М. Г., Хмелев В. А., Равкин Ю. С. Система оценок информационной стоимости природных ресурсов // Там же. С. 220–343.
5. Равкин Ю. С., Сергеев М. Г., Седельников В. П., Хмелев В. А., Титлянова А. А., Мордкович В. Г. Гумус почв, растительность и животный мир Западной Сибири: картографический и кластерный анализ территориальной неоднородности информационной стоимости // Природные ресурсы России: территориальная локализация, экономические оценки. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. С. 216–249.
6. Ильина И. С., Лапшина Е. И., Лавренко Н. Н., Мельцер Л. И., Романова Е. А., Богоявленский Б. А., Махно В. Д. Растительность Западно-Сибирской равнины. Карта масштаба 1 : 1 500 000. М.: ГУГК, 1976.

## Spatial-Typological Differentiation of the Ecosystems of the West Siberian Plain Communication II

### Underground Phytomass, Mortmass and Humus of Soil

V. A. KHMELEV<sup>1</sup>, A. A. TITLYANOVA<sup>1</sup>, V. P. SEDEL'NIKOV<sup>2</sup>, YU. S. RAVKIN<sup>3</sup>,  
I. N. BOGOMOLOVA<sup>3</sup>, I. P. KOKORINA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry SB RAS  
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18*

<sup>2</sup>*Central Siberian Botanical Garden SB RAS  
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101*

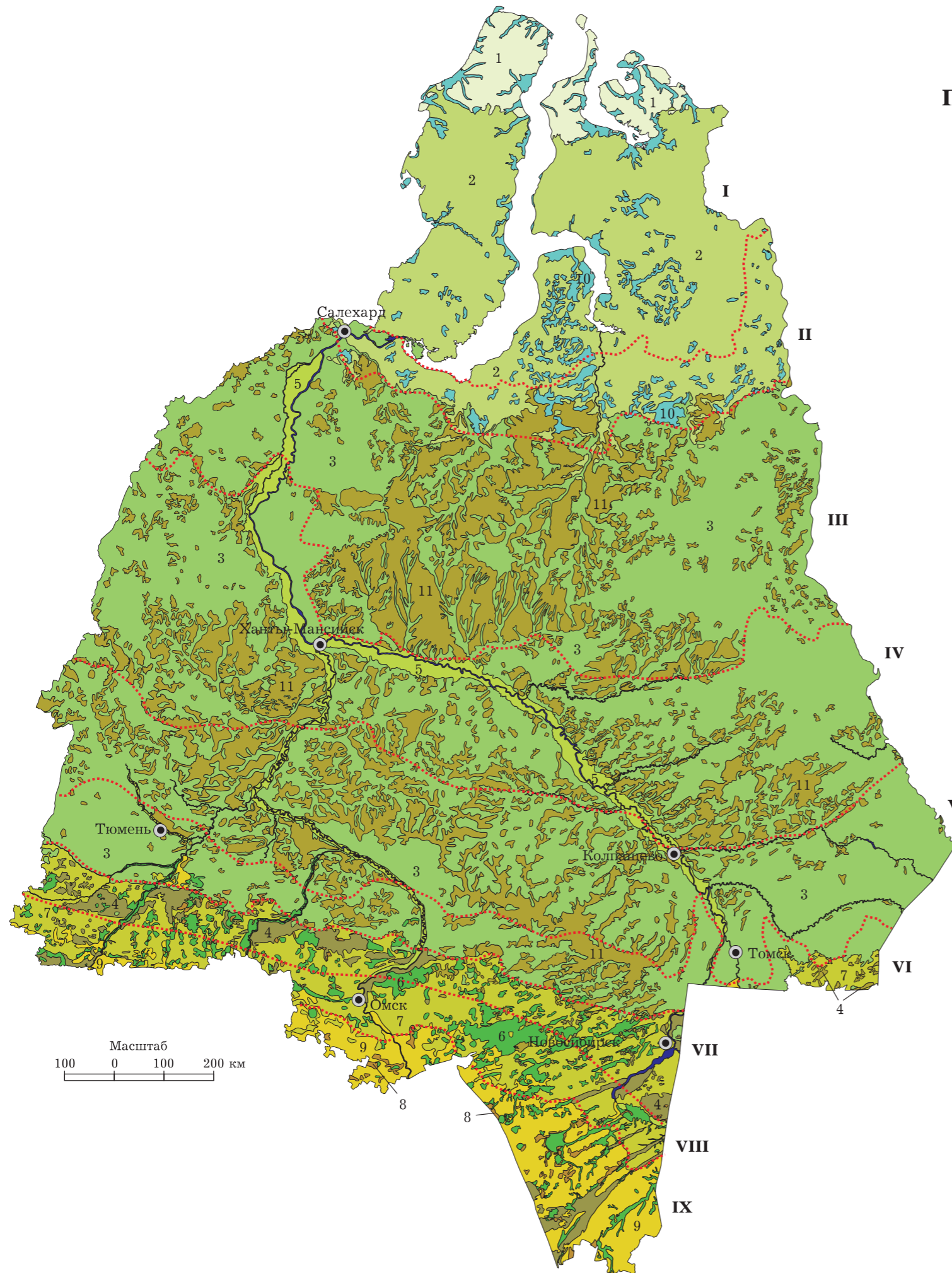
<sup>3</sup>*Institute of Animal Systematics and Ecology SB RAS  
630091, Novosibirsk, Frunze str., 11  
and Tomsk State University*

<sup>4</sup>*Siberian State Geodesic Academy  
630108, Novosibirsk, Plakhotny, 10*

Cluster analysis of ecosystems over the plant cover, mortmass and the underground part of the biota (including soil humus) showed that the effects of zonal heat supply and wetting (swamping) may be considered to be approximately equal to each other for the differentiation of vegetation, while the effect of swamping obviously dominates for the underground part of ecosystems. Intra-type differences of the underground block are determined by the zonal-subzonal inhomogeneity in heat and humidity supply, composition of vegetation and flood during high water. In this situation, there is no clear coincidence with the subzonal division. Integration has more likely group character (with respect to this index) for similar flood during high water and the composition of forest-forming species.

**Key words:** humus, mortmass, underground phytomass, spatial differentiation, West Siberian Plain, cluster analysis.

# ЭКОСИСТЕМЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ ПО ГУМУСУ ПОЧВ, МОРТМАССЕ И ПОДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЕ



- Типы и подтипы экосистем**  
**Незаболоченных плакоров и пойм (кроме лугов тундровой зоны) (1)**
- 1 - арктических тундр (1.1)
  - 2 - тундр субарктических и в пределах предтундровых редколесий (1.2)
  - 3 - лесов, редколесий и полей в сочетании с перелесками в пределах лесной зоны (1.3)
  - 4 - лесов и полей в сочетании с перелесками в лесостепи (1.4)
  - 5 - пойм (1.5)
  - 6 - внепойменных лугов и луговых степей (1.6)
  - 7 - сельскохозяйственных земель на месте внепойменных лугов и луговых степей (1.7)
  - 8 - настоящих степей (1.8)
  - 9 - сельскохозяйственных земель на месте настоящих степей (1.9)
  - 10 Болот и лугов тундровой зоны (2)
  - 11 Болот бореальных и суббореальных (3)

- ..... Границы природных зон, подзон и внутриподзональных полос
- I тундра
  - II предтундровые редколесья
  - III северная тайга
  - IV средняя тайга
  - V южная тайга
  - VI подтаежные леса
  - VII северная лесостепь
  - VIII южная лесостепь
  - IX степь