

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА STATISTICA ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВЛИЯНИИ НЕФТИ И ОТХОДОВ БУРЕНИЯ

Статья посвящена формированию информационной базы – определению возможных показателей подсистемы общего комплекса принятия решений при управлении рекультивационными работами.

Ключевые слова: биодegradация, нефть, почва, статистический анализ.

Необходимость уменьшения риска разрушений природной среды и минимизации отрицательного влияния нефтедобывающего производства определяют актуальность получения территориально-дифференцированной информации об экологических последствиях добычи нефти – разработки общей концепции и методологии оценки воздействия нефтедобывающего производства, методов восстановления нарушенных земель и оптимизации природопользования [1; 2] и др. Основой для написания явились ландшафтно-геохимические исследования влияния добычи и транспортирования нефти на гумидные ландшафты Западной Сибири (тундра, лесотундра, северная тайга).

Исследования включали:

- 1) оценку воздействия разных типов техногенных потоков (нефти, пластовых минерализованных вод, совместное влияние нефти и пластовых вод) на разные группы почвенных экосистем (песок, торф, глина, серая лесная почва);
- 2) динамические наблюдения за их состоянием на контрольных участках;
- 3) экспериментальное моделирование в лабораторных условиях;
- 4) статистическую обработку результатов экспериментов.

Материалы и методы

Объект исследования. В качестве объекта исследования в экспериментах рассматривалось влияние солевого и нефтяного загрязнений (6 %) на различные виды растений в 4 типах грунта: песок, глина, торф, серая лесная почва. Изучалось как отдельное влияние солей различных концентраций 0; 0,5; 1; 1,5; 2, так и совместное влияние нефти и солей на растения.

Состав солей. 1 кр-я (однократная) концентрация: KCl – 10,3 г; NaCl – 5,7 г; CaCl₂ – 3 г; MgCl₂ – 0,8 г; NaHCO₃ – 0,2 г.

Типы грунтов: песок, глина, серая лесная почва, торф.

Кюветы. Кюветы – пластмассовые ящики размером 25 см шириной, 35 см длиной, 10 см высотой.

Растения (латинские названия). Использовались следующие виды растений:

- 1) озимая рожь – *Avena*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 2) пшеница – *Triticum*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 3) горох – *Vicia*, сем. *Fabaceae* – бобовые;
- 4) лен – *Linum*, сем. *Linaceae* – льновые;
- 5) овес – *Avena*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 6) просо – *Panicum*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 7) ячмень – *Hordeum*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 8) подсолнечник – *Helianthus*, сем. *Asteraceae* – сложноцветные;
- 9) вика – *Vicia*, сем. *Fabaceae* – бобовые;
- 10) гречиха – *Fagopyrum*, сем. *Poligonaceae* – гречишные;

- 11) костер – *Bromus*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 12) кострец безостый – *Bromopsis umermis*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 13) тимофеевка – *Phleum*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 14) донник белый – *Melilotus albus*, сем. *Fabaceae* – бобовые;
- 15) клевер красный – *Tifolium hybridum*, сем. *Fabaceae* – бобовые;
- 16) фацелия – *Phacelia Juss*, сем. *Hydrophyllaceae* – водолитниковые;
- 17) суданская трава – *Sorghum sudanense*, сем. *Poaceae* – злаки;
- 18) горчица – *Spinapis*, сем. *Brassicaceae* – крестоцветные;
- 19) щавель кормовой – *Rumex confertus*, сем. *Polugonaceae* – гречишные;
- 20) галега восточная – *Galega*, сем. *Fabaceae* – бобовые.

Проведение экспериментов

Эксперимент № 1. Использованы четыре типа грунта: торф, песок, глина, серая лесная почва. Взяли 16 кювет. В четыре кюветы добавили по 2 кг песка, другие четыре – по 2 кг серой лесной почвы, еще в 4 – по 2 кг глины и в оставшиеся четыре – по 1 кг торфа. Затем в эти кюветы добавили различные концентрации солей, а именно: 0 кр. (контроль, без солей), 0,5 кр., 1 кр., 1,5 кр., 2 кр.

Посев семян производился на глубину 1–2 см. Семена гороха и подсолнечника высевались по 10 шт., а остальные семена растений высевались по 20 шт. В данном эксперименте имитировались полевые условия полива. Растения росли при комнатной температуре 18–20°C в течение 20 дней.

Эксперимент № 2. При проведении второго эксперимента в кюветы, использованные в первом эксперименте, добавлена нефть, в количестве 130 мл на 2 кг грунта и 65 мл на 1 кг торфа. Помимо опытов с различными концентрациями солей с нефтью, приготовили четыре кюветы: с глиной 2 кг + 130 мл нефти; песок 2 кг + 130 мл нефти; серая лесная почва 2 кг + 130 мл нефти; торф 1 кг + 65 мл нефти. Содержание нефти в грунтах составляло 6 %. Посев семян производился на глубину 1–2 см. Семена гороха и подсолнечника высевались по 10 шт., остальные семена растений по 20 шт. В данном эксперименте имитировались полевые условия полива. Растения росли при комнатной температуре 18–20°C в течение 20 дней.

Результаты и обсуждение

Для статистической обработки [3; 4] полученных результатов применялись методы кластерного и дисперсионного анализа с использованием программы Statistica 5.0. В разведочном древовидном кластерном анализе в качестве обобщенного расстояния между отдельными измерениями использовалось евклидово расстояние, представляющее геометрическое расстояние в многомерном пространстве, для объединения кластеров между собой использовался метод Варда, поскольку он наиболее корректно работает в условиях скоррелированных выборок. На основании полученных деревьев классификации делался вывод о кластеризуемости выборки и количестве кластеров. На следующем этапе проводилось разбиение выборки на кластеры методом *K* средних с максимизацией межкластерного расстояния. Статистическая значимость такого разбиения проверялась дисперсионным анализом. Далее проводился дисперсионный анализ для анализа статистической значимости полученной кластеризации. Исходными данными для анализа послужили нормированные коэффициенты всхожести семян. Процедура нормирования вводится потому, что использованные алгоритмы кластеризации неиндифферентны относительно дисперсии. На логическом уровне такая процедура может быть объяснена тем фактом, что семена различных культур имеют разную всхожесть вне зависимости от типа грунта и загрязнений.

Результаты статистического анализа. На первом этапе проводился анализ поведения различных культур в зависимости от условий выращивания (тип грунта, концентрация солей сеномана, наличие нефти в грунте). В результате было установлено, что по отношению к питающей среде виды растений делятся на три группы (рис. 1).

В первую группу входят: горох, костер, вика, овес, озимая рожь, пшеница, ячмень и суданская трава; во вторую – щавель кормовой, просо, кострец безостый и тимофеевка; в тре-

тью группу вошли растения, которые имели нулевые коэффициенты всхожести в подавляющем большинстве случаев (т. е. для всех типов грунтов и загрязнений) – гречка, лен, подсолнечник, донник белый, клевер красный и горчица. По зависимости всхожести от условий выращивания фацелия не вошла ни в одну группу. Дальнейшие статистические исследования влияния изучаемых параметров на всхожесть семян проводились по каждой группе в отдельности.

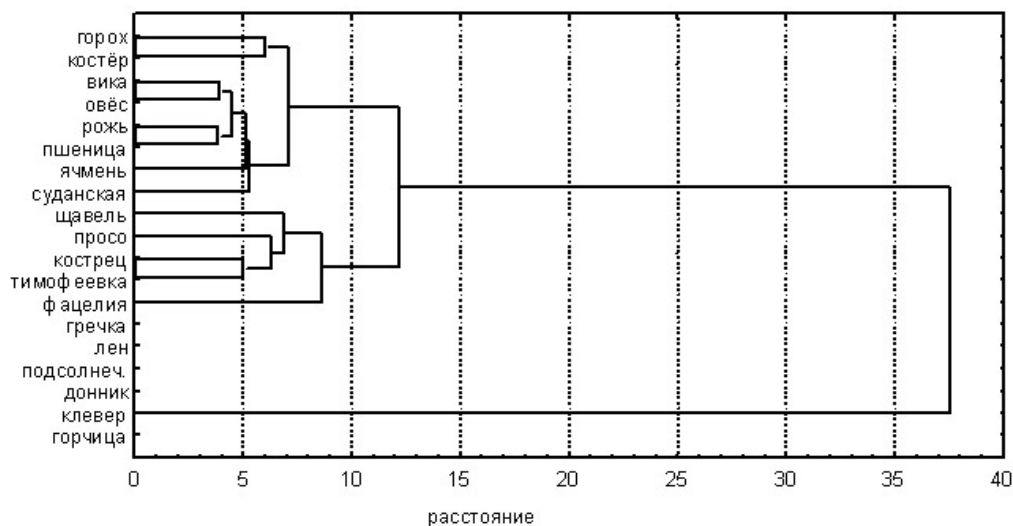


Рис. 1. Древоидная кластеризация видов растений всей выборки

Статистический анализ растений первой группы. В результате проведенной разведочной древоидной кластеризации растения первой группы (горох, кострец безостый, вика, овес, озимая рожь, пшеница, ячмень и суданская трава) были разбиты на три кластера по отношению к условиям выращивания (рис. 2).

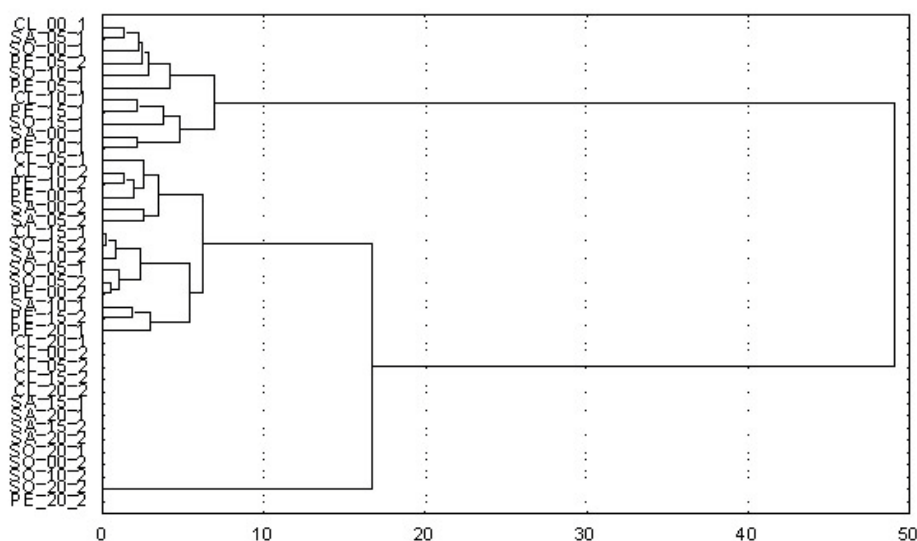


Рис. 2. Древоидная кластеризация растений первой группы по типам почв и загрязнения

К первому кластеру относятся грунты со следующими параметрами: глина, почва и песок без добавления каких-либо загрязнений; песок и торф с концентрацией солей сеномана 0,5 % без добавления нефти; почва, глина и торф с концентрацией солей сеномана 1 % без добавления нефти; торф и почва с концентрацией солей сеномана 1,5 % без добавления нефти; торф с концентрацией солей сеномана 0,5 % с добавлением нефти.

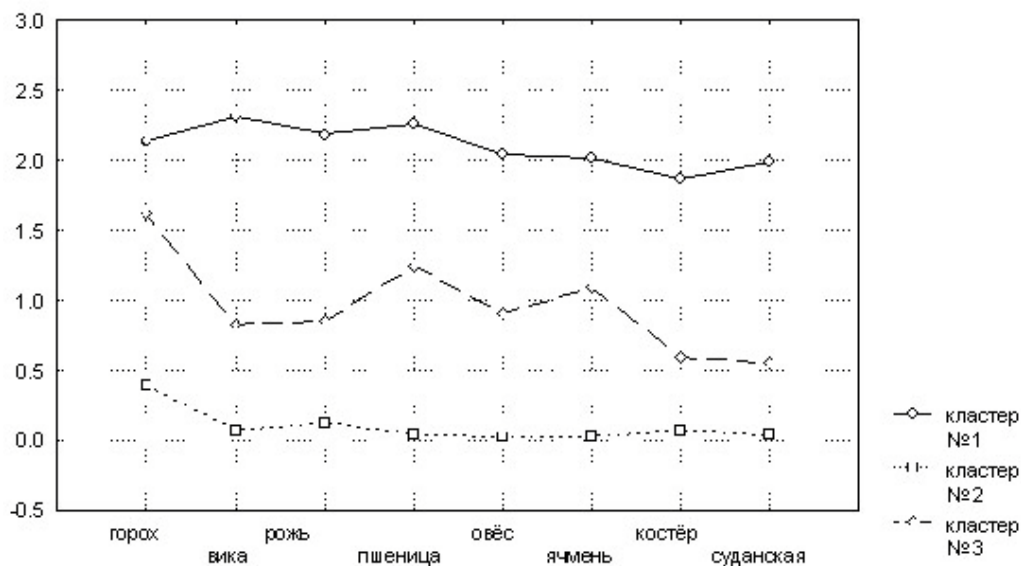


Рис. 3. Средние значения всхожести растений первой группы по кластерам

Как видно на рис. 3, эти условия наиболее благоприятны для условий роста растений первой группы. Во второй кластер вошли такие условия выращивания, как глина и почва с концентрацией солей сеномана 0,5 % без добавления нефти; глина, торф и песок с концентрацией солей сеномана 10 % с добавлением нефти; торф без каких-либо техногенных добавок; песок и торф без добавления солей сеномана, но при добавлении нефти; песок и почва с концентрацией солей сеномана 0,5 % с добавлением нефти; торф и почва с концентрацией солей сеномана 1,5 % с добавлением нефти; песок с концентрацией солей сеномана 1,0 % без добавления нефти; глина с концентрацией солей сеномана 1,5 % без добавления нефти; торф с концентрацией солей сеномана 2,0 % без добавления нефти. Для этого кластера характерна значительно более редкая всхожесть, что также можно увидеть на рис. 3. Третий кластер объединяет обстановки, в которых всхожесть растений третьей группы была очень незначительна, и включает все виды грунтов с концентрацией солей сеномана 2,0 % с добавлением нефти; глину, почву и песок с концентрацией солей сеномана 1,5 % с добавлением нефти; глину и почву без загрязнения солями сеномана, но с добавлением нефти; песок с концентрацией солей сеномана 1,5 % без добавления нефти; почву с концентрацией солей сеномана 1,0 % с добавлением нефти; глину с концентрацией солей сеномана 0,5 % при добавлении нефти.

На следующем этапе была проведена оценка статистической значимости полученной кластеризации. *F*-критерий показывает, что наше разделение на два кластера корректно, это подтверждается и анализом степеней свободы (табл. 2).

Таблица 2

Дисперсионный анализ кластеризации растений первой группы

	Межкласт.	Степень свободы	Внутри-класт.	Степень свободы	F-критерий	значимость
	SS	df	SS	df	F	P
Горох	23,05627	2	15,94374	37	26,75288	6.5E-08
Вика	32,24183	2	6,758167	37	88,25969	8.26E-15
Рожь озимая	27,28884	2	11,71116	37	43,10792	2.16E-10
Пшеница	33,67907	2	5,320927	37	117,0967	9.91E-17
Овес	26,53384	2	12,46616	37	39,37669	6.86E-10
Ячмень	26,99644	2	12,00355	37	41,6072	3.41E-10
Костёр	20,63848	2	18,36152	37	20,79414	8.86E-07

В целом, растениям первой группы характерна более высокая всхожесть.

Статистический анализ растений второй группы. В результате проведенной разведочной древовидной кластеризации растения второй группы (донник белый, клевер красный, гречка, щавель кормовой, просо, костер и тимopheевка) были разбиты на два кластера по отношению к условиям выращивания (рис. 4).

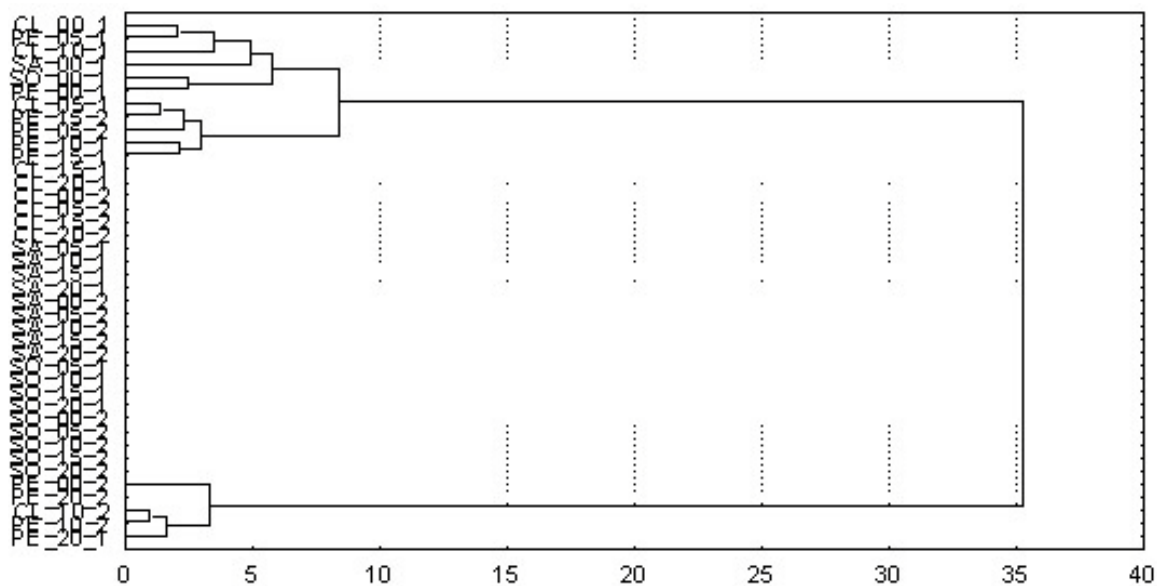


Рис. 4. Древовидная кластеризация растений второй группы по типам почв и загрязнения

К первому кластеру относятся грунты с параметрами: глина, почва, торф и песок без добавления каких-либо загрязнений; глина и торф с концентрацией солей сеномана 0,5 % и 1,0 % без добавления нефти; торф с концентрацией солей сеномана 1,5 % и с добавлением нефти, и без добавления; торф с концентрацией солей сеномана 0,5 % при добавлении нефти. Ко второму кластеру относятся все оставшиеся обстановки выращивания, всхожесть растений 2-й группы в которых была практически нулевая. На рис. 5 можно видеть средние значения всхожести культур второй группы по кластерам. Также этот рисунок, как и табл. 3, полученная в результате дисперсионного анализа, демонстрирует существенное статистическое отличие этих кластеров.

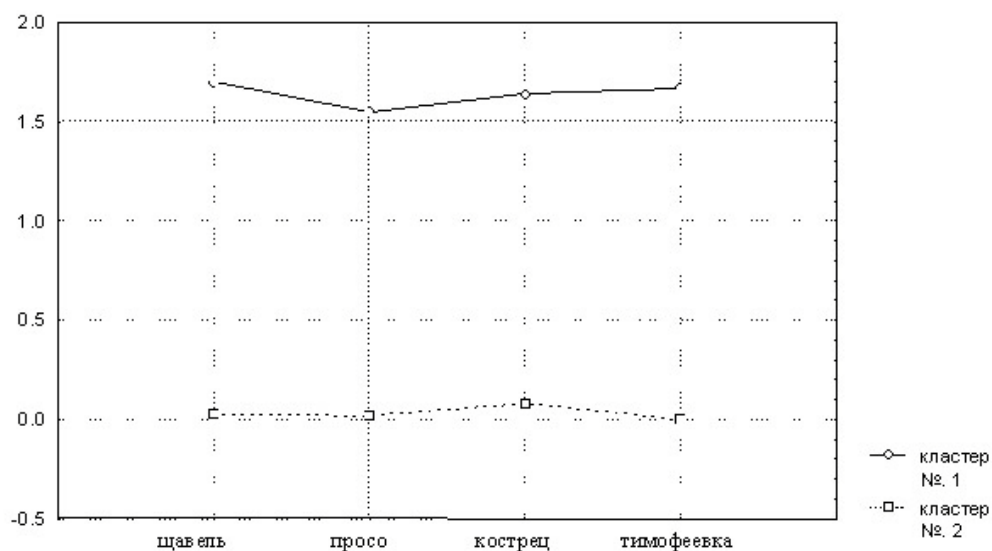


Рис. 5. График средних значений всхожести для кластеров растений второй группы

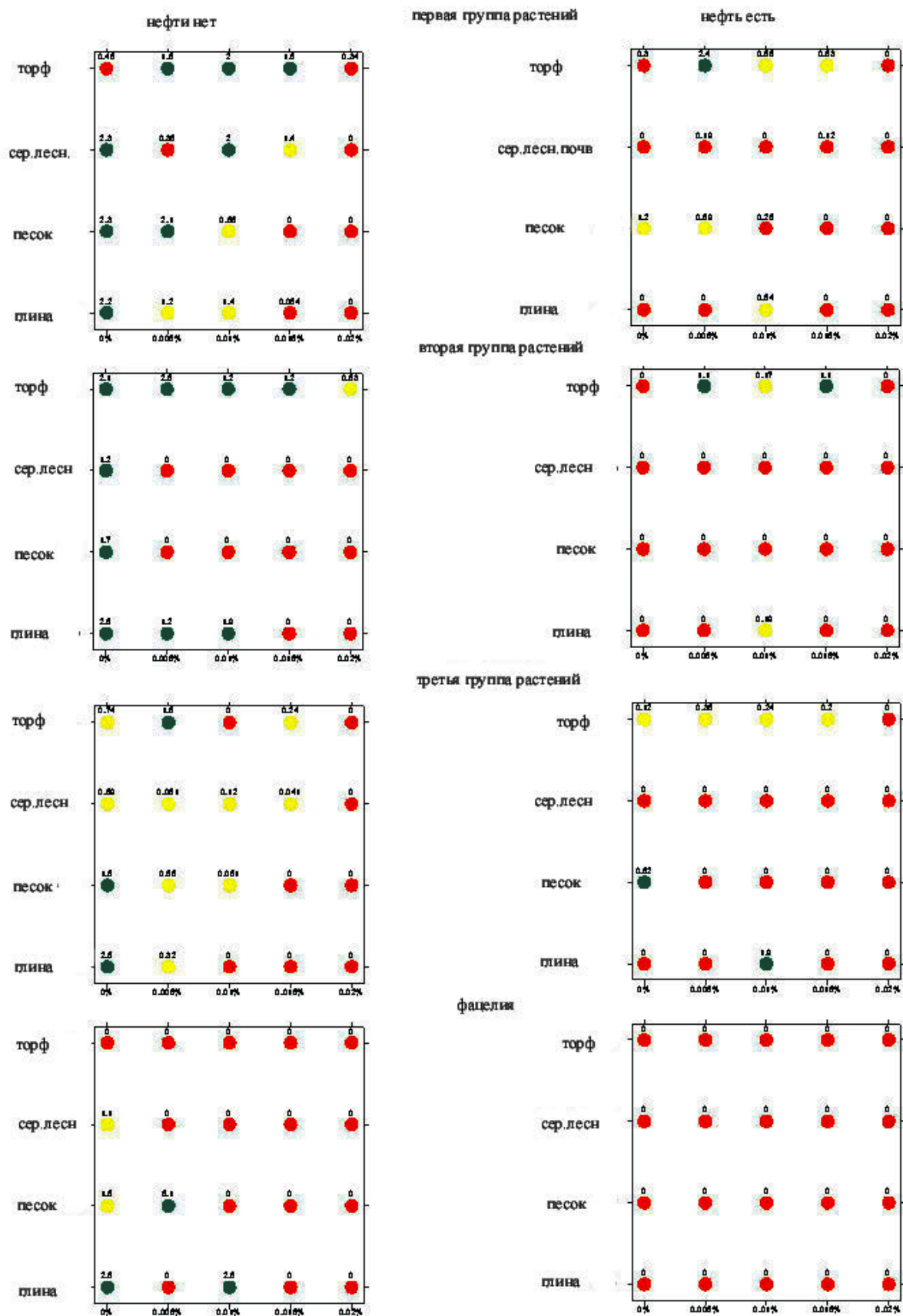


Рис. 6. Сводная таблица всхожести растений в зависимости от условий выращивания

Выводы

В ходе исследований по всхожести и росту растений в засоленных и нефтезагрязненных грунтах получены следующие результаты.

1. По данным всхожести, в аналоге техногенных песчаных грунтов, отходы бурения при слабых и умеренных дозах 0 кр. – 1кр. стимулируют рост растений семейства бобовых (то же и при добавлении нефти), но при больших концентрациях ингибируют. Также была хорошая всхожесть у растений семейства злаковых и водолистниковых. Другие классы растений всходили слабо или не всходили вообще.

2. По данным всхожести, в аналоге торфяных грунтов, добавление солевой составляющей резко простимулировало рост растений семейства злаковых, но добавление нефти существенно снизило всхожимость, а при больших солевых концентрациях всходов вообще не было. Обратный эффект дало добавление нефти для бобовых, но повышение концентрации солей перестало стимулировать рост, хотя всхожесть оставалась достаточно хорошей. Совместное влияние нефти и высоких концентраций солей ингибируют рост бобовых.

3. По данным всхожести, в аналоге глинистого грунта, отходы бурения при слабых и умеренных дозах сопутствовали росту растений семейств бобовые, злаковые и гречишные и ингибировали при 1,5–2 %.

4. По данным всхожести, в серой лесной почве, отходы бурения при слабых и умеренных дозах стимулируют рост растений семейств злаковые и бобовые и ингибируют злаковые при 1,5–2 %. Добавление нефти привело к скачку всхожести до 100 % у растений семейства бобовых, но только при концентрациях 0,5 и 2 %. Всхожесть всех остальных растений при данных условиях составила ноль.

5. Наиболее устойчивыми к загрязнению техногенными потоками оказались растения семейства злаковых и бобовых.

Построены результирующие таблицы для разработки управления ликвидацией нефтяных разливов с помощью фитомелиорации, как по культурам (см. табл. 4) так и с видовым и смешанным составом (см. рис. 6).

Список литературы

1. Бровкин В. А., Денисенко Е. А., Шульгин Е. А. Моделирование конечной продуктивности агроценозов на основе функции состояния системы «агроценоз – внешняя среда» // Журнал общей биологии. 1991. Т. 52, № 6. С. 855–862.

2. Врагова Е. В. Сценарный подход в управлении рекультивацией нефтяных и солевых загрязнений почв (на примере Ханты-Мансийского автономного округа): Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2004. 22 с.

3. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1997. 389 с.

4. Эфрон Б. Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа. М.: Финансы и статистика, 1988. 264 с.

Материал поступил в редколлегию 14.02.2010

E. V. Vragova

PROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA WITH THE HELP OF PACKAGE STATISTICA 5.0. IN CONTROL OF OIL AND SALINE SOIL CONTAMINATION REMEDIATION

This article focuses on building the knowledge base – identify possible indicators of our subsystems common set of decision-making in the management of remediation.

Keywords: biodegradation, oil, soil, statistical analysis.