

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ГИС-центр ПГНИУ

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ

**Выпуск 8**

Сборник научных трудов



Пермь 2015

УДК 55:004.78(470.53)  
ББК 26.3  
Г 357

**Геоинформационное** обеспечение  
пространственного развития Пермского края:  
**Г 357** сб. науч. тр. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. –  
Пермь, 2015. – Вып. 8. – 132 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-2608-3 (вып. 8)  
ISBN 978-5-7944-1203-1

Сборник содержит доклады участников VIII межрегиональной научно-практической конференции «Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края».

Адресован специалистам, использующим современные геоинформационные технологии при решении задач пространственного развития территорий, а также аспирантам и студентам, изучающим естественно-научные дисциплины.

УДК 55:004.78(470.53)  
ББК 26.3

Печатается по решению оргкомитета межрегиональной конференции

ISBN 978-5-7944-2608-3 (вып. 8)  
ISBN 978-5-7944-1203-1

© Пермский государственный  
национальный исследовательский  
университет, 2015

## Оглавление

### **Абдуллин Р.К., Шихов А.Н.**

Подходы к картографированию пространственно-временного распределения опасных метеорологических явлений на примере Пермского края .....5

### **Бажукова Н.В., Киселева Е.С., Ташкинова А.Н., Черепанова Е.С.**

Стенные карты для обеспечения курса «География Пермского края» ..... 14

### **Гарифзянов Р.Д., Батракова Г.М.**

Применение возможностей дистанционного зондирования Земли для актуализации регионального кадастра отходов производства и потребления..... 19

### **Калинин Н.А., Ветров А.Л., Поморцева А.А., Шихов А.Н.**

Восстановление характеристик снежного покрова ..... 25

### **Калинин Н.А., Ветров А.Л., Поморцева А.А.**

Исследование процессов накопления снежного покрова на территории Пермского края ..... 31

### **Кедров А.В., Малтамо М.**

Лесоустройство с использованием технологий LiDAR..... 34

### **Киросова О. В., Бажукова Н. В.**

Картографическое обеспечение трассы строительства магистрального газопровода ..... 41

### **Куимов М.В., Черепанова Е.С.**

Оптимизация работы службы скорой помощи с помощью анализа расстояний на примере г. Пермь..... 47

### **Максимова С.В., Порталова В.С.**

Исследование возможности уплотнения жилой застройки с помощью информационно-аналитической системы (ИАС) ..... 51

### **Михайлова К.А., Алёшин М.А., Разинский М.В.**

Использование ГИС-технологий при агрохимическом обследовании сельскохозяйственных угодий ..... 62

### **Мудрых Н.М., Яшинина И.А.**

Геоинформационные технологии в агрохимическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения ..... 72

### **Нифонтова К.А.**

ГИС в территориальном планировании (на примере Индустриального района г. Перми) ..... 76

### **Овечкин М.А., Туомо Кауранне**

Особенности проведения полевых работ по таксации леса с использованием лидарных технологий..... 81

### **Полшведкин Д.В., Терентьев А.В., Шевелев Д.А., Пономарчук А.И., Кедров А.В.**

Внедрение ИАС «Лесной диспетчер Пермского края»..... 86

### **Полякова Я.Р., Бажукова Н.В.**

Картографический анализ качества и уровня жизни населения Пермского края ..... 99

### **Пьянков С.В., Долгих И.Г., Шихов А.Н.**

Использование Open Big Data для оперативного мониторинга чрезвычайных ситуаций в паводковый период ..... 104

### **Самофалова И.А., Шутов П.С.**

Использование ГИС-технологий для пространственной дифференциации геосистем на территории заповедника «Басеги» ... 112

### **Тарасов А.В., Вирпи Юнттила**

Геоинформационное обеспечение проведения полевых работ при использовании технологий LiDAR ..... 121

### **Тимофеев К.Д., Осин И.В.**

Геоинформационная система ParmaGIS для учета лесных ресурсов. 126

## **Подходы к картографированию пространственно-временного распределения опасных метеорологических явлений на примере Пермского края**

*Р.К. Абдуллин, А.Н. Шихов*

В данной статье предложены и описаны возможные подходы к картографированию режимных характеристик опасных метеорологических явлений на основе их повторяемости и плотности.

**Ключевые слова:** опасные метеорологические явления, картографирование, пространственно-временное распределение, интерполяция, плотность.

Опасные метеорологические явления являются одним из источников возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера. Данная проблема характерна как для Пермского края, так и для других регионов России и мира. На территории Пермского края наблюдаются 15 видов опасных явлений погоды, способных нанести ущерб природно-ресурсному потенциалу и экономике региона [2].

В связи с ростом повторяемости и интенсивности опасных метеорологических явлений в период современного изменения климата, актуальность исследований в данном направлении не вызывает сомнений. Изучению опасных явлений погоды, в том числе картографированию их режимных характеристик на различных уровнях территориального охвата посвящено большое количество публикаций, что говорит о внимании научной общественности к данной проблеме.

Целью настоящей работы является разработка подходов к картографированию пространственно-временного распределения опасных метеорологических явлений на региональном уровне (на примере Пермского края).

---

©Абдуллин Р.К., Шихов А.Н., 2015

**Абдуллин Ринат Камилевич**, аспирант кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: rinaha-26@mail.ru

**Шихов Андрей Николаевич**, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: and3131@inbox.ru

Результатом работы являются мелкомасштабные карты повторяемости ряда опасных метеорологических явлений, а также карта плотности распределения опасных конвективных явлений. Карты создавались в масштабе 1:3500000, что обусловлено конфигурацией Пермского края и плотностью наблюдательной сети.

Пространственно-временное распределение опасных метеорологических явлений можно рассматривать с использованием двух подходов: через повторяемость (число случаев за единицу времени) и через плотность (число случаев на единицу площади за единицу времени). Исходя из этого, в работе предложены две методики к картографированию опасных явлений погоды. Для явлений, которые характеризуются значительным охватом территории (экстремальная температура воздуха, сильные осадки, сильные ветры и др.) предпочтительно оценивать повторяемость по данным сети метеостанций. Для картографирования явлений локального характера (смерчей, шквалов, крупного града), которые на мелких масштабах могут рассматриваться как точечные объекты, можно оценивать плотность пространственного распределения.

### **Методика построения карт повторяемости опасных метеорологических явлений**

В качестве исходной информации были использованы данные действующей сети метеостанций Пермского края за период 1981-2010 гг. (что соответствует рекомендациям Всемирной метеорологической организации об использовании 30-ти летних рядов наблюдений для климатических исследований).

Известно, что основой составления климатических карт являются различные методы интерполяции данных, полученных на сети метеостанций. Однако их использование без учета влияния ландшафтных особенностей территории (орографии, крупных водоемов и др.) зачастую приводит к ошибкам и искажению сути отражаемого явления [1]. При построении климатических карт (в том числе и карт повторяемости опасных явлений погоды) на территории со сложным рельефом и редкой сетью наблюдений необходим учет высотных зависимостей.

Для построения карт повторяемости опасных явлений использовался адаптированный метод В.А. Шутова (метод приведенных величин) [4], который изначально был разработан для картографирования снегозапасов. Однако предложенный метод может эффективно применяться при построении разных климатических карт на территории со сложным рельефом, исключением не являются и карты повторяемости опасных метеоявлений. Последовательность реализации данного метода средствами ГИС-технологий выглядит следующим образом:

–определяется повторяемость опасного явления в пунктах наблюдательной сети;

–выявляется наличие или отсутствие зависимости повторяемости ОЯ от высоты, на которой расположена метеостанция (или от средней высоты местности в определенном радиусе от метеостанции), и высотный градиент повторяемости явления;

–рассчитывается повторяемость ОЯ на метеостанциях, “приведенная” в базовой высоте (для территории Пермского края она принята равной 200 м) по формуле:

$$H = H_0 + \Delta H / \Delta z (z - 200) \quad (1)$$

где  $H$  - число случаев ОЯ, приведенное к базовой высоте,  $H_0$  - исходное число случаев ОЯ, зафиксированное на метеостанции,  $z$  - высота, на которой расположена метеостанция,  $\Delta H / \Delta z$  - вычисленный высотный градиент повторяемости ОЯ;

–производится интерполяция приведенной величины методом натяжного сплайна. Его преимуществом перед другими детерминированными методами интерполяции является отсутствие сильных краевых искажений;

–в результате интерполяции вводится высотная зависимость;

–выполняется сглаживание полученного результата (методом расчета среднего значения в скользящем окне заданного размера) и построение изолиний повторяемости.

В результате получается значительно более детальная и реалистичная картина пространственного распределения повторяемости явления, чем та, которая может быть получена путем простой интерполяции данных сети метеостанций.

Результат применения метода В.А. Шутова продемонстрирован ниже на примере карты повторяемости очень сильных дождей (рис. 1). Для данного явления характерна статистически значимая зависимость повторяемости от высоты местности (коэффициент корреляции между высотой, на которой расположена метеостанция, и числом зафиксированных им случаев опасных метеорологических явлений, составляет 0,83). Для определения высотной зависимости использовались данные наблюдений с 33 метеостанций, гидропостов и метеопостов, за период с 1981 г.

#### Методика построения карт плотности пространственного распределения опасных метеорологических явлений

Плотность пространственного распределения (число случаев на единицу площади) оценивалась для опасных конвективных явлений (шквалы  $\geq 25$  м/с, крупный град и смерчи) за период 2001-2014 гг.

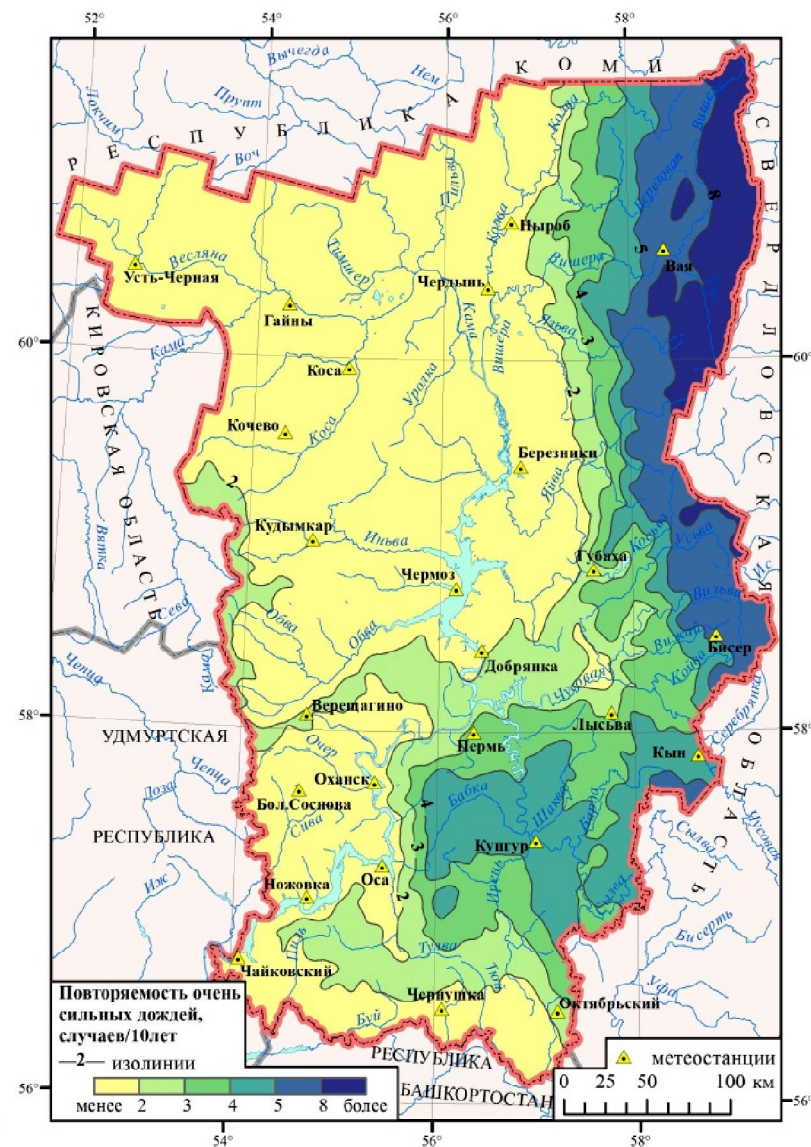


Рис. 1. Карта повторяемости очень сильных дождей

В качестве исходной информации для создания карты использовались не только данные метеостанций и гидрологических постов, но и результаты обследований, проводимых Пермским ЦГМС и органами МЧС по факту нанесенного опасными явлениями ущерба.

Использование такого набора данных связано с тем, что большинство случаев крупного града, шквалов и смерчей пропускается наблюдательной сетью. Кроме того, для выявления мест прохождения сильных шквалов и смерчей дополнительно был проведен анализ материалов космической съемки территории Пермского края со спутников серии LANDSAT за период 2001-2014 гг., в результате которого было выявлено 17 участков с массовыми ветровалами. Более подробно результаты этой работы описаны в [3].

Места наблюдения конвективных опасных явлений были нанесены в виде точечных объектов, с указанием числа зафиксированных случаев в данном пункте за рассматриваемый период 2001-2014 гг. Для расчета плотности полученных точечных объектов использовался модуль Spatial Analyst программного пакета ArcGIS.

Корректная оценка плотности точечных объектов возможна при правильном определении радиуса поиска. Радиус поиска рассчитывался с использованием пространственного варианта «Правила большого пальца Сильвермэна» (Silverman's Rule of Thumb), который устойчив к пространственным выбросам (т.е. точкам, которые находятся далеко от остальных точек) и обходит явление «колец вокруг точек», часто возникающее в разреженных наборах данных [6].

На основе правила Сильвермэна сначала вычисляется усредненный центр входных точек, при этом учитывается вес каждой точки. В данном случае в качестве веса выступает количество зафиксированных случаев опасных метеорологических явлений в точке за рассматриваемый период времени. На следующем шаге вычисляется расстояние от всех точек, где были зафиксированы явления, до усредненного центра. Затем производится расчет медианы данных расстояний и стандартное расстояние для точечных объектов. Расчет радиуса поиска выполняется по формуле [5]:

$$SR = 0,9 \times \min\left(SD \sqrt{\frac{1}{\ln(2)} \times D_m} \times n^{-0,2}\right) \quad (2)$$

где  $SR$  – радиус поиска для точек,  $SD$  – стандартное расстояние точечных объектов,  $D_m$  – медиана расстояний от точек (мест, где наблюдались явления) до усредненного центра,  $n$  – число зафиксированных случаев опасного явления.

Известно, что число зафиксированных конвективных опасных явлений может определяться не только фактической повторяемостью явлений, но и плотностью наблюдательной сети на изучаемой территории (поскольку, чем больше плотность наблюдательной сети, тем меньше вероятность пропуска явления), а также плотностью

населения. Для проверки этой гипотезы с использованием инструментов многомерного анализа ArcGIS Spatial Analyst была рассчитана матрица парной корреляции между растрами плотности наблюдательной сети, плотности населения и плотности пространственного распределения зафиксированных конвективных опасных метеорологических явлений (табл. 1). Подтверждено наличие зависимости числа случаев зафиксированных конвективных явлений от плотности наблюдательной сети (коэффициент линейной корреляции Пирсона равен 0,63).

Таблица 1

**Матрица парной корреляции между рассматриваемыми переменными**

| Название переменной                                      | Плотность наблюдательной сети | Плотность населения | Число зафиксированных конвективных ОЯ на единицу площади |
|--|-------------------------------|---------------------|--|
| Плотность наблюдательной сети                            | 1,00                          | 0,38                | 0,63   |
| Плотность населения                                      | 0,38                          | 1,00                | 0,43   |
| Число зафиксированных конвективных ОЯ на единицу площади | 0,63                          | 0,43                | 1,00   |

Поскольку распределение рассматриваемых переменных не является нормальным (оно близко к логнормальному), кроме линейной корреляции был использован другой метод для оценки зависимости между ними – построение таблицы сопряженности. Для этого были выделены по 5 градаций (для каждой переменной), проведено их пространственное сопоставление и вычислены коэффициенты сопряженности. Коэффициент сопряженности между плотностью наблюдательной сети и плотностью зафиксированных конвективных явлений составляет 0,51 (что указывает на наличие взаимосвязи средней степени тесноты).

Таким образом, наличие зависимости между плотностью зафиксированных конвективных опасных метеорологических явлений и плотностью наблюдательной сети было подтверждено двумя различными методами. С учетом выявленной зависимости была проведена операция нормирования. Плотность пространственного распределения конвективных опасных метеорологических явлений приведена к средней по территории Пермского края плотности наблюдательной сети (равной 0,55 пунктов/1000 км<sup>2</sup>).

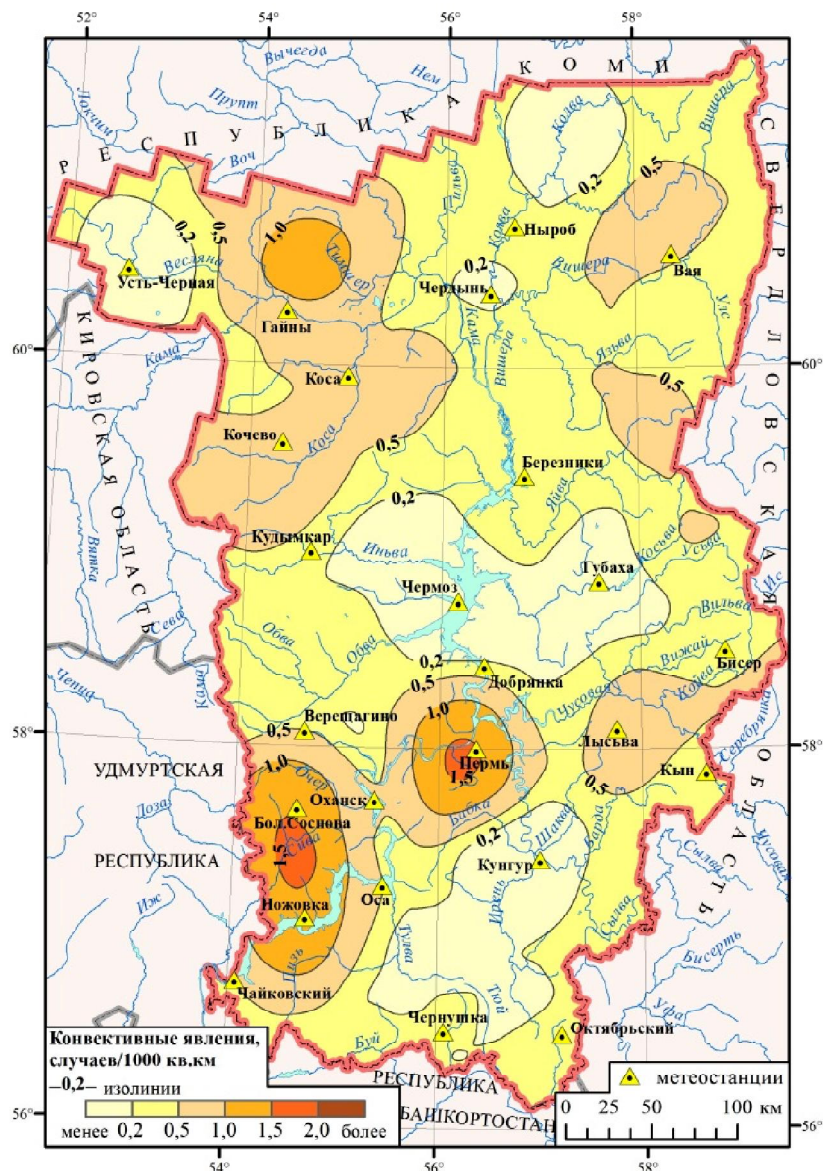


Рис. 2. Карта плотности пространственного распределения опасных конвективных явлений

Полученная карта плотности пространственного распределения конвективных опасных метеорологических явлений нормированная по плотности наблюдательной сети представлена на рис. 2.

В результате расчета плотности конвективных явлений без учета плотности наблюдательной сети выделялся основной максимум в районе г. Перми. Его появление обусловлено тем, что в районе Перми расположено несколько метеостанций и постов. После проведения операции нормирования выделяются максимумы на юго-западе и на северо-западе Пермского края. Они, вероятно, имеют объективный характер, что позволяет сделать предварительный вывод о повышенной повторяемости опасных конвективных явлений на данной территории.

Минимальное число случаев конвективных опасных метеорологических явлений наблюдается в районе Камского водохранилища (рис. 2). Появление этого минимума можно объяснить медленным прогревом водной массы водохранилища в летний период, что приводит к подавлению развития конвекции.

### Заключение

Существующая наблюдательная сеть на территории Пермского края не позволяет выявить все неоднородности пространственного распределения случаев опасных явлений погоды, обусловленные влиянием ландшафтных особенностей. В этих условиях могут быть предложены разные способы картографирования режимных характеристик опасных метеорологических явлений на региональном уровне.

Первый способ (интерполяция данных наблюдательной сети с учетом высотных зависимостей) позволяет получить достаточно подробную и реалистичную картину пространственного распределения ОЯ. Однако этот способ может быть использован только в тех случаях, когда высотная зависимость объективно существует и подтверждается результатами анализа климатических рядов данных об опасных метеорологических явлениях (что возможно не для всех типов явлений).

Другим способом (который используется для картографирования климатических характеристик локальных опасных явлений) может быть расчет плотности пространственного распределения случаев, с использованием дополнительной информации (например, данных об ущербе от них). Однако при этом необходимо учитывать, что данные об ущербе обычно являются неполными и нерепрезентативными.

Плотность пространственного распределения зафиксированных случаев локальных конвективных явлений не идентична их реальной климатической повторяемости, и зависит от плотности наблюдательной сети. При проведении расчета с нормированием на плотность наблюдательной сети можно получить более достоверную оценку пространственного распределения локальных опасных метеорологических явлений и выявить зоны повышенной

повторяемости. По результатам выполненных расчетов, выделены максимумы повторяемости на юго-западе и северо-западе Пермского края, а также в районе г. Перми.

#### **Библиографический список**

1. Коновалова Н.В., Коробов В.Б., Васильев Л.Ю. Интерполирование климатических данных при помощи ГИС-технологий // *Метеорология и гидрология*. 2006. № 5. С. 46-53.
2. Пьянков С.В., Шихов А.Н. Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь: Изд-во ООО «Раритет-Пермь», 2014. 296 с.
3. Шихов А.Н. Оценка последствий стихийных природных явлений для лесных ресурсов Пермского края по многолетним рядам данных космической съемки // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса*. 2014. Т. 11, № 1. С. 21-30.
4. Шутов В.А. Интерполяция и расчет снегозапасов в речных бассейнах с учетом рельефа местности // *Метеорология и гидрология*. 1996. №10. С. 67–74.
5. ArcGis Resources. Справочная библиотека ArcGis [электронный ресурс] URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.2/> (дата обращения 20.05.2015).
6. Silverman, B. W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. New York, Chapman and Hall, 1986. 22 p.

**R.K. Abdullin, A.N. Shikhov**

#### **Approaches to mapping the spatial and temporal distribution of dangerous meteorological phenomena on the example of Perm region**

It is proposed and described possible approaches of mapping the performance characteristics of dangerous meteorological phenomena based on their frequency and density.

Key words: dangerous meteorological phenomena, mapping, spatial and temporal distribution, interpolation, density.

**Abdullin R.K.**, postgraduate of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; rinaha-26@mail.ru

**Shikhov A.N.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; and3131@inbox.ru

УДК 912.45

#### **Стенные карты для обеспечения курса «География Пермского края»**

*Н.В. Бажукова, Е.С. Киселева,  
А.Н. Ташкинова, Е.С. Черепанова*

Рассматриваются особенности проектирования и создания учебных стенных карт с использованием методов геоинформационного картографирования.

Ключевые слова: стенные карты, карты для высшей школы, среднемасштабные карты, ГИС-технологии, геоинформационное картографирование.

Задачи картографического обеспечения учебных дисциплин в ВУЗах вытекают из методологических принципов организации обучения. Карты, картосхемы, атласы – неотъемлемая часть учебного процесса и инструмент познания закономерностей территориальной организации. Для проведения занятий по курсам «География Пермского края», «Регионоведение», «Краеведение» и другим чаще всего используются общегеографические стенные карты: Физическая карта и карта Административно-территориального деления.

Однако имеющиеся учебные стенные карты масштаба 1:700 000 и 1:750 000 были изданы в 1980-х годах и более не переиздавались. На

---

© Бажукова Н.В., Киселева Е.С., Ташкинова А.Н., Черепанова Е.С., 2015

**Бажукова Наталья Валерьевна**, к. г. н., доцент кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; bazhukova.nv@mail.ru

**Киселева Екатерина Сергеевна**, магистрант 1 курса магистратуры кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; kiseleva.ekaterina@inbox.ru

**Ташкинова Александра Николаевна**, магистрант 1 курса магистратуры кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; sngist@yandex.ru

**Черепанова Екатерина Сергеевна**, к. г. н., доцент кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; cherepanova\_es@rambler.ru

сегодняшний день эти карты потеряли свою актуальность. Изменилось административно-территориальное устройство Пермского края: административные районы сменили статус; поселки городского типа в связи с закрытием градообразующих предприятий стали сельскими населенными пунктами (например, Юго-Камский, Кукуштан, Майский и др.); многие населенные пункты прекратили свое существование (по сравнению с 2002 годом опустели 244 населенных пункта); появились новые городские округа (Лысьвенский, Губаха); развивается дорожно-транспортная сеть, а также произошли другие изменения.

На имеющейся физической карте ранее не отображались некоторые физико-географические объекты необходимые для изучения Пермского края. Например, самое глубокое озеро Роголёк; водопады Жигалан и Плакун; такие орографические объекты, как Камско-Кельтминская и Язьвинско-Вишерская низменности и другие. Современные ГИС-технологии позволяют отображать рельеф более пластичными графическими способами. Таким образом, актуальность создания и издания Физической и Административно-территориального деления стенных карт Пермского края не вызывает сомнений.

Цель – создать стенные карты Пермского края.

Задачи:

- проанализировать потребности средней и высшей школы в стенных картах;
- изучить требования, предъявляемые к составлению стенных карт и методику их создания;
- разработать программы стенных карт;
- создать авторские оригиналы стенных карт;
- отредактировать содержание карт с помощью экспертов;
- изготовить составительские оригиналы;
- издать Физическую карту и карту Административно-территориального деления Пермского края масштаба 1:800 000.

Создание стенных учебных карт проходит все те же этапы, что и создание любой карты: разработка концепции, составление программы карты, макета компоновки, создание авторского макета карты, составительского оригинала и издание карты.

На основе разработанных программ стенных карт создаются авторские оригиналы. Одним из важных этапов создания карты является разработка картографической основы, которая включает в себя математическую и географическую составляющие.

Математическая основа обеих карт: масштаб 1:800 000, поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса Крюгера (10 зона), густота градусной сетки 2 градуса по широте и долготе.

Географическая основа: административные границы Пермского края и прилегающих субъектов Российской Федерации, на карте Административно-территориального деления – границы Коми-

Пермского округа и муниципальных образований первого уровня; гидрографическая сеть – реки, водохранилища и озера; населенные пункты; дорожно-транспортная сеть (на карте Административно-территориального деления); рельеф (на Физической карте).

Содержание карты Административно-территориального деления стандартное: муниципальные образования первого уровня (40 муниципальных районов и 8 городских округов) отображается цветной заливкой внутри границ; населенные пункты показаны подробно с отображением типа поселения и количества жителей. На карте также изображены железные и автомобильные дороги федерального значения и прочие автомобильные дороги с покрытием; аэропорты и речные порты.

Содержание физической карты также стандартное. С максимальной подробностью на карте отображается рельеф территории. Использование гипсометрической окраски, высотных отметок в сочетании с отмывкой рельефа на картографической основе дает объемный эффект его изображения. В различных учебных дисциплинах, изучающих Пермский край, существует список обязательной географической номенклатуры. Перечень орографических объектов в этих списках нами был дополнен и представлен в виде надписей на карте, значками были показаны пещеры. Детально отображается гидрографическая сеть: реки, водохранилища, водопады, озера и болота. На карте показаны населенные пункты – административные центры Пермского края. Специальными линейными знаками показаны границы Вишерского заповедника и заповедника Басеги.

При оформлении стенных карт основное внимание уделяется обеспечению их наглядности, выразительности и читаемости. Система условных знаков должна быть простой, экономичной, хорошо воспринимаемой, обеспечивающей хорошее чтение карты.

Стенные карты разрабатывают при условии их чтения с расстояния около 6-8 м. Особое внимание уделяется способам изображения, штриховому и красочному оформлению, гамме цветов. Карты оформляются красками, одинаковыми по тону, светлоте и насыщенности [1]. Изображение дается утолщенными линиями. На стенных картах высшей школы размеры шрифтов достигают большей величины: в содержании карты - от 2,0 до 10-15 мм, в общем ее оформлении (название карты, подписи в легенде и др.) - до 25-35 мм. Пояснительные надписи в легендах стенных карт принимают более крупных размеров (2-3 мм), но их чтение рассчитано с небольшого расстояния [2].

Формат бумаги зависит от масштаба и размера картографируемой территории. Масштаб обеих карт 1 : 800 000 (в 1 см 8 км) соответствует размеру листа 600\*900 мм.



При составлении карт использовались современные технологии геоинформационного картографирования, которые позволили максимально автоматизировать создание стенных карт. С помощью ГИС-технологий велась подготовка исходной цифровой основы будущих карт посредством оцифровывания картографических материалов и использования имеющихся цифровых данных в среде программного обеспечения ArcGIS 10.1.

Для повышения презентационного качества продукта и выполнения картографического редактирования был использован файловый графический пакет Corel X7.

Стенные карты Пермского края служат наглядным учебным пособием в высшей и средней школе, а также информационно-справочным картографическим пособием для специалистов различных областей науки, культуры, могут применяться в профессиональной деятельности преподавателей учебных заведений, а также использоваться в государственных учреждениях и органах государственной власти Пермского края.

Будучи важной составной частью информационной системы карты должны обеспечить научную, методическую и информационную поддержку в области образования, просвещения, пропаганды знаний и культуры: подготовке кадров различных уровней квалификации, пропаганде знаний среди населения, развитию самообразования.

#### **Библиографический список**

1. *Технические условия к листовым картам 9551-014-02570823-02*
2. *Востокова А. В., Кошель С. М., Ушакова Л. А. Оформление карт. Компьютерный дизайн. М.: Аспект Пресс, 2002. – 288 с.*

#### ***N.V. Bazhukova, E.S. Kiseleva, A.N. Tashkinova, E.S. Cherepanova*** **Wall maps for providing the course «Geography of Perm region»**

Discusses the features of the design and creation of educational wall maps using the methods of geoinformation mapping.

Key words: wall maps, maps for high school, medium-scale maps, GIS technology, GIS mapping.

**Bazhukova N.V.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; bazhukova.nv@mail.ru

**Kiseleva E.S.**, Graduate student of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; kiseleva.ekaterina@inbox.ru

**Tashkinova A.N.**, Graduate student of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; sngist@yandex.ru

**Cherepanova E.S.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; cherepanova\_es@rambler.ru

## **Применение возможностей дистанционного зондирования Земли для актуализации регионального кадастра отходов производства и потребления**

*Р.Д. Гарифзянов, Г.М. Батракова*

Настоящая работа посвящена анализу возможностей применения дистанционного зондирования земли в целях актуализации регионального кадастра отходов производства и потребления (ГРОРО) в Пермском крае.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, космические снимки, региональный кадастр отходов производства и потребления, классификация, дешифрирование космических снимков.

В декабре 2014 г. Правительством РФ была утверждена Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» в целях единого системного подхода, повышения уровня безопасности среды обитания за счет, в том числе, геоинформационного обеспечения пространственного развития регионов РФ [5]. Использование возможностей дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для структур городского управления в решении совместно с городскими природоохранными организациями оперативных и текущих задач анализа экологической ситуации, осуществления природоохранной деятельности, задач эколого-градостроительного регулирования, ведения городского хозяйства в рамках рационального природопользования является важной и актуальной задачей.

В соответствии с Приказом Росприроднадзора от 25.04.2012 N 193 «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба» введено понятие «Объекты накопленного экологического ущерба» -

---

© Гарифзянов Р.Д., Батракова Г.М., 2015

**Гарифзянов Руслан Данилович**, магистрант 2-го курса магистратуры кафедры охраны окружающей среды Пермского национального исследовательского политехнического университета; Россия 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; ruslan@pstu.info

**Батракова Галина Михайловна**, профессор кафедры охраны окружающей среды Пермского национального исследовательского политехнического университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Поздеева,14; gala@eco.pstu.ac.ru

это загрязненные территории, в том числе бесхозные территории, образованные в результате прошлой хозяйственной деятельности, а также объекты размещения отходов и иные объекты, вокруг которых сформировалось загрязнение или которые сами являются загрязненным на которых деятельность под управлением организации осуществлялась в прошлом и на которых остались отходы, негативно влияющие на природную среду.

Деятельность по сбору и накоплению (с последующим захоронением) отходов производства и потребления связана с образованием подобных объектов на территории регионов. Функционирование и закрытие объектов размещения отходов (далее ОРО) требует постоянного внимания в системе обеспечения безопасности региона. Внимание к подобным объектам связано с нарушениями порядка утилизации и размещения производственных и бытовых отходов и ситуациями, вызванными переполнением ОРО промышленными и бытовыми отходами, загрязнением компонентов окружающей среды.

В Пермском крае, как и других регионах страны, захоронение отходов производства и потребления – основной путь удаления отходов урбанизированных территорий. На основании постановления правительства Пермского края, еще в 2007 году государственной инспекцией по экологии и природопользованию Пермского края был создан региональный кадастр отходов производства и потребления. На основании кадастра создан реестр объектов размещения отходов регионального кадастра отходов (далее Реестр), где информация по объектам систематизирована относительно районного расположения объектов в крае. Данный Реестр включает в себя информацию по 47 районам Пермского края, на территории которых зарегистрировано 690 объектов мест размещения отходов, с указанием их основных характеристик.

В государственном реестре объектов размещения отходов по данным на конец 2014 года зарегистрировано около 119 объектов размещения отходов [4].

В целях оптимизации ведения работ с Реестром в 2010 году произведено категорирование объектов размещения отходов, расположенных на территории Пермского края, и оценка их потенциальной опасности для окружающей среды и населения.

Объекты Реестра в зависимости от степени их опасности для окружающей среды распределяются по категориям: «Неопасный», «опасный». «условно опасный».

В первую категорию включаются ОРО, отвечающие требованиям законодательства Российской Федерации в области обращения с отходами при эксплуатации которых, воздействие на окружающую среду не приводит к ухудшению ее качества.

Во вторую категорию (потенциально опасных ОРО) включаются выведенные из эксплуатации и объекты, расположение и эксплуатация которых осуществляется с грубыми нарушениями федерального и регионального законодательства в области обращения с отходами. Объекты этой категории подлежат закрытию, ликвидации или рекультивации в согласованные с природоохранными органами сроки.

В третьей категории включаются ОРО, при эксплуатации которых мероприятия по охране окружающей среды выполняются не в полном объеме, предусмотренном действующим законодательством, экологическими и санитарно-гигиеническими правилами. Включение объектов размещения отходов в эту категорию производится при условии представления плана мероприятий по обеспечению требований в полном объеме и выполнения этих мероприятий в согласованные с органом государственного экологического контроля сроки[5].

Известно, что данные по ОРО, занесенным в Реестр, в основном формируются на основании инвентаризации объектов по отчетам их владельцев. В Реестре также отражаются результаты государственного экологического надзора и проверок деятельности ОРО. Актуальность и объективность информации об известных ОРО, а также отслеживание несанкционированных ОРО является важной задачей наполнения Реестра. Результаты внешнего контроля и оперативного мониторинга с использованием данных о дешифрировании космических снимков территории Пермского края могут предоставить объективную характеристику ОРО и дополнить Реестр.

Возможности использования ДЗЗ для мониторинга мест размещения отходов были описаны в работах Липилина Д.А., Абросимова А.В., Никольского Д.Б., Шешуковой Л.В.[1], Савельева А.А., Мухарамова С.С., Шишкина С.М.[3].

Детальность и геометрическая характеристика снимков дают возможность определять объекты размещения отходов, проводить измерения (линейные размеры, площадь, высота), определять географические координаты и типы ОРО (бытовые, промышленные, строительные, сельскохозяйственные, лесохозяйственные и др.). На космических снимках можно различить внутреннюю «структуру» ОРО, а именно обработанные участки, закрытые слоем почвы, участки, где в настоящее время складированы отходы, подъездные пути, каналы и т. п. [2].

Однако качество получаемого материала, который применяется для дальнейшего тематического дешифрирования полигонов ТКО зависит от:

-характеристик спутника с которого происходила съемка территории (пространственное разрешение (Таблица 1) и режим съемки, полоса съемки, спектральный диапазон);

Таблица 1  
**Возможности получения выходных данных в зависимости от пространственного разрешения и режима съемки космического снимка**

| Пространственное разрешение и режим съемки                    | Выходные данные   |
|---|---|
| Снимки среднего и низкого разрешением до 10 м                 | Обнаружение объектов размещения отходов (далее ОРО)<br>Геометрические параметры ОРО<br>Соблюдение правил проектирования, эксплуатации и рекультивации ОРО<br>Обнаружение возгораний мест размещения отходов   |
| Снимки высокого (2-10 м) и сверхвысокого (0,5-2 м) разрешения | Температурный режим<br>Деградация почвы<br>Определение разных форм деградации почвы<br>Прогнозирование урожайности в окрестности ОРО<br>Компонентный состав поверхности ОРО (морфология отходов)<br>Наличие токсичных отходов<br>Эффективность рекультивации территории<br>Прогнозирование состояния почвы и растительности |

-программного обеспечения по управлению приемными станциями и первичной переработки данных.

-программного обеспечения процесса дешифрирования и тематической интерпретации снимка с помощью специализированных программных продуктов для тематического дешифрирования, таких как ScanEx Image Processor, ArcGIS, Feature Analyst и др.

Автоматическая архивация тематически обработанных космических снимков дает возможность создания обширной базы данных о состоянии объектов и ведения мониторинга состояния ОРО с необходимой периодичностью.

Использование ДЗЗ при работе с Реестром и инвентаризации Объектов предоставит возможность:

- получения объективной и актуальной информации о состоянии мест размещения отходов, что позволяет проверять достоверность

данных, указанных в документации и/или отслеживать и контролировать процесс рекультивации ОРО;

- отслеживания динамики развития ОРО и уточнение их геометрических характеристик, таких как площадь, размер СЗЗ, расстояние до населённых пунктов (особенно важно при интенсивной застройке территорий), расстояние до водного объекта и др.;

- выявления нарушений законодательства РФ при идентификации нелегальной эксплуатации документально закрытых ОРО. Например, при сравнении разновременных космических снимков хорошо видны вновь созданные насыпи мусора на закрытых ОРО, а по сплошности зарастания растительностью рекультивированных ОРО можно контролировать эффективность процессов рекультивации ОРО и судить о завершении процесса пассивного выделения биогаза.

#### **Библиографический список**

1. *Абросимов А.В., Никольский Д.Б., Шешукова Л.В. Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов // ГЕОМАТИКА. 2013. № 1. С.68-74*
2. *Великанова Т.В. Методы и модели размещения объектов обращения с отходами в регионе // Фундаментальные исследования. - 2013.- №11. С. 1289 - 1293*
3. *Савельев А.А., Мухарамова С.С., Шишкин С.М., Яушева С.Р., Гаязов А.И., Осин Г.Ю. Вероятностная модель для определения мест несанкционированного размещения отходов на основе ДДЗЗ // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки.-2010.-Т.152.-кн.4.С.40-51*
4. *Государственная инспекция по экологии и природопользованию Пермского края - Режим доступа URL: [http://www.gioos.ru/perechen\\_objects.php](http://www.gioos.ru/perechen_objects.php) (Дата обращения: 16.10.2015).*
5. *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р МОСКВА «Об утверждении Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город».*

**R.D. Garifzyanov ,G. M. Batrakova**

#### **The application of methods of remote sensing to update the regional inventory of waste production and consumption**

The real work is devoted to the analysis of opportunities of application of remote sensing of the earth for updating of the regional inventory of waste products and consumption in Perm region

Key words: remote sensing, regional cadastre of waste production and consumption, classification, interpretation of space images.

**Batrkova G.M.**, Prof. Dr.(technical sciences) Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University; Russia 614990, Perm, st. Komsomolsky Ave. 29; gala@eco.pstu.ac.ru

**Garifzyanov R.D.**, graduate student Department of Environmental Protection Perm National Research Polytechnic; Russia 614990, Perm, st. Komsomolsky Ave. 29; rusln@pstu.info

## Восстановление характеристик снежного покрова

*Н.А.Калинин, А.Л. Ветров, А.А Поморцева, А.Н. Шихов*

В статье приведены результаты исследования трех подходов к восстановлению характеристик полей снежного покрова: оценка периода накопления и максимального снеговзапаса на основе данных маршрутных снегомерных съемок; приближенное восстановление поля снеговзапасов по данным об осадках холодного периода; моделирование накопления снежного покрова на основе прогноза осадков по мезомасштабной модели прогноза погоды WRF/ARW. Исследование проводилось за период 2011-2012 гг. на территории Пермского края.

**Ключевые слова:** снежный покров, снеговзапас, гидродинамическая модель прогноза погоды, геоинформационная система.

Моделирование формирования снежного покрова традиционно выполняется на основе использования фактических данных гидрометеорологических наблюдений. Однако в настоящее время сокращение сети наблюдений делает невозможным объективный учет пространственного распределения снежного покрова, запасов воды в снеге и осадков, выпадающих в период снегонакопления. В последние

---

© Калинин Н.А., Ветров А.Л., Поморцева А.А, Шихов А.Н., 2015

**Калинин Николай Александрович**, д.г.н., профессор., зав. кафедрой метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; kalinin@psu.ru

**Ветров Андрей Леонидович**, к.г.н., доцент, проректор по научной работе и инновациям Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; vetrov@psu.ru

**Поморцева Анна Александровна**, к.г.н., доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; smimova@psu.ru

**Шихов Андрей Николаевич**, к.г.н., старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: and3131@inbox.ru

годы для решения этих задач применяются мезомасштабные модели прогноза погоды [5].

Восстановление полей максимальных запасов воды в снежном покрове и осадков в период снегонакопления представляет наибольшую сложность, ввиду высокой степени их пространственной изменчивости. При решении задачи восстановления максимальных снеговзапасов за период 2011-2012 гг. были использованы и сопоставлены три метода:

**1) Оценка периода накопления и максимального снеговзапаса на основе данных маршрутных снегомерных съемок.** Сеть снегомерных маршрутов на исследуемой территории включает более 50 метеостанций и гидропостов. На 16-18 из них снегомерные съемки выполняются как в лесу, так и в поле, на остальных — только в лесу, или только в поле [3]. Интерполяция снеговзапаса по данным снегомерных съемок выполнялась по методу, предложенному В.А. Шутовым [6; 7], отдельно для леса и поля, с учетом зависимостей снеговзапасов от высоты местности, и от типа растительного покрова. Изменчивость снеговзапасов, связанная с перераспределением снега на мезо- и микрорельефе, метелевым переносом, учитывалась косвенно, по кривой распределения снеговзапасов. Поле снеговзапасов, восстановленное по данным снеговсъемок, характеризуется относительно низкой связностью и, в отдельных случаях, наличием артефактов.

Значительное влияние на величину снеговзапасов на Западном Урале оказывает барьерный эффект, который проявляется в значительном увеличении сумм зимних осадков на наветренных склонах хребтов и в предгорьях Урала. Влияние рельефа Урала на распределение осадков рассматривается в работе [1; 7]. Установлено, что в зимний период существует статистически значимая зависимость между высотой местности и суммой осадков, а величина вертикального градиента осадков составляет 10-14 %/100 м высоты. При интерполяции снеговзапасов вертикальный градиент принимался равным 15 %/100 м в нижних высотных зонах и 10 %/100 м в горах. Определение истинного вертикального градиента сумм зимних осадков осложняется отсутствием метеонаблюдений в горах, на высоте более 500 м;

**2) при отсутствии данных снегомерных съемок, выполнялось приближенное восстановление поля снеговзапасов по данным об осадках холодного периода.** В этом случае учитывались значительные различия в продолжительности периода снегонакопления между равнинными и горными районами исследуемой территории. Поле снеговзапасов, полученное по данным наблюдений за осадками, характеризуется хорошей связностью, но

значительными ошибками в районах с низкой плотностью сети наблюдений.

В период устойчивого снегонакопления максимальный запас воды в снежном покрове может быть принят приближенно равным сумме осадков, поскольку испарение снежного покрова и выдувание осадков из осадкомера частично компенсируют друг друга. Введение поправок на ветровой недоучет и испарение для зимних осадков, рекомендованных в Справочнике по климату [4], в условиях Пермского края приводит к значительному завышению снегозапаса. В первом приближении, запас воды в снежном покрове за период устойчивого снегонакопления восстанавливался путем интерполяции накопленных осадков по методу В.А. Шутова, с введением поправок на высоту местности, и тип подстилающей поверхности. Введение дополнительной поправки на уклон и экспозицию макросклонов не приводит к существенному улучшению результатов.

Для периода осеннего неустойчивого снегонакопления, продолжительность которого на Урале может достигать 30-40 суток, типично монотонное увеличение снегозапаса в горах и на возвышенностях, а на равнинной территории — неоднократное установление и сход снежного покрова. В связи с этим, возникает необходимость определения фазы выпадающих осадков, и учета снеготаяния при оттепелях. Для определения фазы осадков использовано уравнение

$$N = -0,179T_p - 0,034T_{925} - 0,078T_{850} + 0,372,$$

где  $N$  — доля осадков, выпавших в твердом виде,  $T_p$  — приземная температура воздуха,  $T_{925}$  и  $T_{850}$  — температура на изобарических поверхностях 925 и 850 гПа соответственно;

3) третьим использованным методом восстановления запаса воды в снеге является **моделирование накопления снежного покрова на основе прогноза осадков по мезомасштабной модели прогноза погоды WRF/ARW**. Данный метод применялся для зимнего сезона 2012-2013 гг.

В качестве исходных данных были использованы наблюдения сети метеостанций и прогнозные поля метеорологических величин, полученные по модели WRF/ARW, цифровая модель рельефа и карта типов растительного покрова GlobCover-2009. Прогнозы по модели WRF составлялись с использованием динамического ядра ARW на срок 48 ч, при дальнейших расчетах использовались прогнозные поля только на срок 24 ч. Для параметризации пограничного слоя и турбулентности в модели WRF использовалась схема Меллора-Ямады-Янича, для параметризации процессов на поверхности суши и в почве — схема Noah. Потоки длинноволновой радиации рассчитывались по

схеме RRTM, а коротковолновой радиации — по схеме RRTMG. В качестве начальных и граничных условий использовался прогноз GFS/NCEP. Расчет производился для полигона  $2000 \times 2000$  км, с шагом интегрирования по пространству 10 км. Прогнозные поля метеорологических величин конвертировались в формат геоинформационной системы, для использования при расчете снеготаяния. Все дальнейшие расчеты выполнялись в программном пакете ArcGis 10.1, с пространственным разрешением 3000 м.

Сопоставление фактического и рассчитанного по модели WRF запаса воды в снеге показывает, что модель во всех случаях значительно (в 2–5 раз) занижает его величину. Основной причиной этого является использование в качестве начальных условий прогноза глобальной модели GFS, которая неудовлетворительно воспроизводит процесс накопления снега. В связи с этим, максимальный запас воды в снежном покрове перед началом снеготаяния был восстановлен на основе данных о накопленных осадках холодного периода на метеостанциях, раздельно за периоды устойчивого и неустойчивого снегонакопления.

В период устойчивого снегонакопления максимальный запас воды в снежном покрове может быть принят приближенно равным сумме осадков, поскольку испарение снежного покрова и выдувание осадков из осадкомера частично компенсируют друг друга. Введение поправок на ветровой недоучет и испарение для зимних осадков, рекомендованных в Справочнике по климату [4], приводит к значительному завышению снегозапаса. Интерполяция сумм осадков за период устойчивого снегонакопления выполнена по методу В.А. Шутова [8], с учетом вертикального градиента зимних осадков, поправок на уклон и экспозицию макросклонов, и типа подстилающей поверхности.

Вертикальный градиент зимних осадков принят равным 15 %/100 м в нижних высотных зонах и 10 %/100 м в горах. Аналогичные значения (10–14 %/100 м) рекомендованы для территории Северного и Среднего Урала в работе [2], и в Справочнике по климату СССР [4].

Модель WRF/ARW в большинстве случаев удовлетворительно воспроизводит неконвективные осадки, а также их фазу, поэтому ее прогнозы могут быть использованы при расчете снегонакопления [5].

Работа выполнена в рамках государственного задания на научные исследования (проект № 271).

### Библиографический список

1. Калинин Н.А., Фрик Л.В., Смирнова А.А. Исследование влияния рельефа Пермского края на распределение полей осадков // *Географический вестник*, 2008, № 2.
2. Кузьмин П.П. Процесс таяния снежного покрова. Л., Гидрометеиздат, 1961. 346 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, ч. 1. Л., Гидрометеиздат, 1985. 365 с.
4. Справочник по климату СССР. Вып. 9. Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР. Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Л., Гидрометеиздат, 1968. 372 с.
5. Шихов А.Н., Связзов Е.М. Прогнозирование динамики процесса снеготаяния на Западном Урале с применением мезомасштабной модели WRF/ARW // *Современные проблемы науки и образования*, 2013. № 4.
6. Шутов В.А. Интерполяция и расчет снегозапасов в речных бассейнах с учетом рельефа местности // *Метеорология и гидрология*, 1996, №10, с. 67–74.
7. Шутов В.А., Калюжный И.Л. Анализ пространственного распределения зимних осадков и снегозапасов в бассейне р. Белой // *Метеорология и гидрология*, 1997, № 1, с. 105–114.
8. Шутов В.А. Методы анализа пространственной изменчивости снегозапасов // *Известия РАН, серия Географическая*. 1998, №1, с. 122-132.

**N.A.Kalinin, A.L. Vetrov, A.A. Pomortseva, A.N. Shikhov**  
**Restoration of snow cover**

The results of the study three approaches to the restoration of the characteristics of the fields of snow: snow accumulation period and the maximum snow cover on the basis of route snow surveys; Approximate recovery field of snow cover according to the precipitation of the cold period; modeling of snow accumulation on the basis of forecast rainfall on the mesoscale numerical weather prediction model WRF / ARW. The study was conducted over the period of 2011-2012 in the Perm region.

Key words: the snow cover, snow cover, a hydrodynamic model of the weather, geographic information system.

**Kalinin N.A.**, prof., head of department Meteorology and Air Protection, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; kalinin@psu.ru

**Vetrov A.L.**, candidate of geography Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; vetrov@psu.ru

**Pomortseva A.A.**, candidate of geography, senior lecturer of Meteorology and Air Protection department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; smirnova@psu.ru

**Shikhov A.N.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; and3131@inbox.ru

## Исследование процессов накопления снежного покрова на территории Пермского края

*Н.А. Калинин, А.Л. Ветров, А.А. Поморцева*

В статье приводятся результаты сравнения данных о снегонакоплении, полученных с помощью различных методов: наблюдений на снегомерном маршруте, гидродинамического моделирования, ДДЗЗ, физико-статистического моделирования. Исследование проводилось за период 2011-2012 гг. на территории Пермского края.

Ключевые слова: снежный покров, гидродинамическая модель прогноза погоды, данные дистанционного зондирования Земли, физико-статистическая модель

Исследование проводилось для холодного периода 2011-2012 гг. Основная особенность этого периода снегонакопления — существенный дефицит осадков в течение всей календарной зимы. В январе-феврале 2012 г. сумма осадков на территории Пермского края составила менее трети от нормы, местами всего 10-15 % нормы. Такой дефицит осадков в этот период наблюдался впервые с 1945 г., а февраль стал самым сухим за всю историю метеонаблюдений в Перми. В то же время значительные запасы снега были накоплены в ноябре и в марте, когда преобладал циклонический характер погоды.

Для получения результата по этапу были решены следующие задачи и получены следующие основные выводы:

---

© Калинин Н.А., Ветров А.Л., Поморцева А.А., 2015

**Калинин Николай Александрович**, д.г.н., профессор., зав. кафедрой метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; kalinin@psu.ru

**Ветров Андрей Леонидович**, к.г.н., доцент, проректор по научной работе и инновациям Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; vetrov@psu.ru

**Поморцева Анна Александровна**, к.г.н., доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; smimova@psu.ru

1. Проведено сравнение данных гидродинамической модели прогноза погоды WRF ARV о снегонакоплении за различные периоды с данными наблюдений на снегомерном маршруте.

В целом, при сравнении модельных данных с данными метеостанций отмечается удовлетворительное совпадение. Модель адекватно воспроизводит процесс накопления осадков, однако отмечаются несколько заниженные значения запасов воды в снеге по сравнению с данными съемок на снегомерных маршрутах.

2. Проведено сравнение результатов счета модели о положении границы снежного покрова в различные периоды с ДДЗЗ по данным Modis.

По территории края отступление границы снежного покрова происходит с юга на север и с запада на восток, за исключением областей, где абсолютные высоты являются максимальными по отношению к бассейну в целом.

В целом отмечается сходная картина распределения снежного покрова, как по данным моделирования, так и ДДЗЗ, за исключением юго-востока территории исследования. Таким образом, можно отметить, что в целом ДДЗЗ однозначно лучше показывают распределение снежного покрова по территории и границу снежного покрова, но в облачные дни целесообразно использовать данные гидродинамического моделирования.

3. Разработана физико-статистическая модель расчета запасов воды в снеге.

Восстановление данных в поле в основном производится менее точно, чем в лесу, из-за наличия большого метелевого переноса в поле по сравнению с лесом. За все декады и на всех станциях запасы воды в снеге восстанавливаются с удовлетворительной точностью.

Таким образом, физико-статистическую модель расчета запасов воды в снеге можно использовать при практических расчетах на территории Пермского края. Точность воспроизведения запасов воды в снеге физико-статистической моделью составляет не менее 90 % данных стационарных наблюдений за характеристиками снежного покрова.

Работа выполнена в рамках государственного задания на научные исследования (проект № 271).



*N.A.Kalinin, A.L. Vetrov, A.A. Pomortseva*  
**Investigation of the processes of accumulation of snow Perm region**

The article presents the results of a comparison of data on snow accumulation produced by a variety of methods: observations on the snow course, hydrodynamic modeling, satellite imagery, physical and statistical modeling. The study was conducted over the period of 2011-2012 in the Perm region.

Keywords: snow cover hydrodynamic model of weather forecasting, remote sensing, physical and statistical model.

**Kalinin N.A.**, prof., head of department Meteorology and Air Protection, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; kalinin@psu.ru

**Vetrov A.L.**, candidate of geography Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; vetrov@psu.ru

**Pomortseva A.A.**, candidate of geography, senior lecturer of Meteorology and Air Protection department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; smirnova@psu.ru

УДК 630.5

**Лесоустройство с использованием технологий LiDAR**

*A.B. Кедров, Матти Малтамо*

В статье представлена общая информация о использовании данных воздушного лазерного сканирования в лесоинвентаризационных работах и рассказано об опыте применения технологии на территории Пермского края. Описаны основные принципы работы лидаров и показаны особенности использования их при определении параметров древостоя.

Ключевые слова: LiDAR, лесоустройство, лесная таксация, геоинформационная система, воздушное лазерное сканирование.

**Введение**

Технологии воздушного лазерного сканирования появились и широко используются в мире уже более 15 лет. В основе данного метода лежит использование специальных световых дальномеров – LiDAR (далее лидар). Практически с момента появления первых коммерчески доступных устройств, данные получаемые при ВЛС стали использоваться для решения задач лесного хозяйства, в частности для проведения лесоинвентаризационных работ. В России такие работы называются таксацией, в свою очередь являющейся базовой основой лесоустройства.

Основные страны, активно применяющие технологии лидар для целей лесоустройства, это Финляндия, США, Канада и Япония. В России данная технология изучалась в г. Красноярске Институт леса имени Сукачев и апробировалась в ряде проектов, но не получила широкого распространения в силу различных факторов, одним из которых являлась высокая стоимость съемочного процесса существенно удорожающего общую стоимость таксационных работ.

Но развитие технологии ведет к постоянному удешевлению стоимости оборудования для ВЛС и данные лидар становятся все более

---

© Кедров А.В., Матти Малтамо, 2015

**Кедров Александр Владимирович**, заместитель директора ООО «Малое инновационное предприятие «Центр космических технологий и услуг»; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева 15; kedalex@gmail.com

**Матти Малтамо**, Университет Восточной Финляндии, Лесной факультет, доктор наук, профессор; Ahmankatu 1 as 2, 80130 Joensuu, Finland; matti.maltamo@uef.fi

доступными. Уже сегодня стоимость ВЛС сравнима со стоимостью получения аэрофотоснимков (далее АФС) являющихся традиционной основой таксационных работ. Простота процесса, высокая точность получаемых данных и высокая производительность лидарной технологии обеспечивают ей безусловное преимущество над другими данными дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

### Получение данных LiDAR

Лидар - технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах.

Источник излучения генерирует направленный луч, который отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником. На основании времени отклика вычисляется расстояние до цели.

В отличие от радара, использующего радиоволны, которые эффективно отражаются только от крупных металлических целей, световые волны лидара подвержены рассеиванию в любых средах, в том числе в воздухе, поэтому возможно не только определять расстояние до непрозрачных (отражающих свет) дискретных целей, но и фиксировать интенсивность рассеивания света в прозрачных средах.

В съёмочном процессе задействованы три главных структурных компонента (рис.1):

**сканирующий блок**, в функции которого входят генерация лазерных импульсов прием отраженного сигнала и определение наклонной дальности до точки отражения, производительность последних моделей может достигать 500 тысяч импульсов в секунду;

**бортовой навигационный комплекс**, работа которого основана на взаимодействии в реальном времени GPS приемника и инерциальной системы навигации;

**сеть наземных базовых GPS станций**, поставляющих данные для проведения дифференциальной коррекции траекторных данных бортового GPS приемника. Благодаря этой системе ошибка определения координат каждого зарегистрированного импульса в среднем составляет 20-30 см по высоте и столько же по горизонтали.

Кроме выше перечисленных компонентов часто добавляется цифровая, четырехканальная аэрофотокамера позволяющая производить съёмку в видимом и инфракрасном спектрах.

Бортовой навигационный комплекс вместе со сканирующим блоком монтируются на воздушное судно, в качестве которого обычно выступают легкомоторный самолет или вертолет, способный поднимать в воздух трех пассажиров и 200 кг полезного груза.

Далее производится облёт объекта лесоустройства параллельными маршрутами с поперечным перекрытием не менее

15%. В зависимости от требований к получаемым данным устанавливается высота полёта. Обычно этот параметр варьирует в диапазоне 500-1500 метров над уровнем земли.

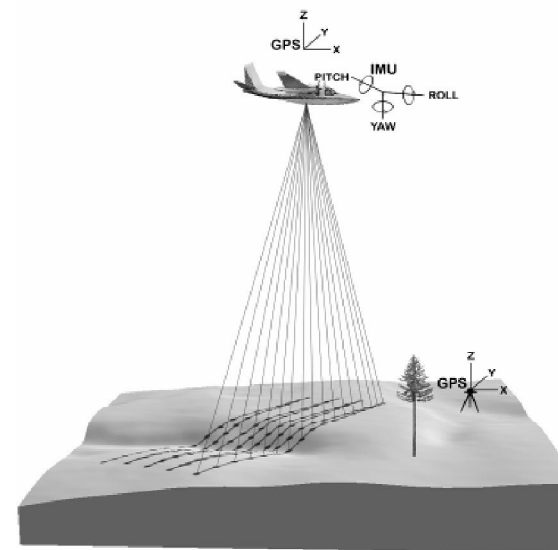


Рис.1. Принцип съёмочного процесса по технологии LiDAR

Результатом съёмочных работ является набор «сырых» данных, представляющий из себя множество точек отраженных от поверхности земли, каждая из которых имеет трехмерные координаты и значение интенсивности отражения. Такой набор называется облаком точек, имеющих формат хранения \*.LAS. Далее производится первичная классификация облака, с выделением основных классов – земля, надземные объекты и шум. При лесоустройстве наибольший интерес представляют точки земли и растительности. Поэтому обработка данных лидар требует выделения дополнительных классов низкой, средней и высокой растительности, также обязательно выделение строений, дорог и водных объектов.

После процедуры классификации облака точек и цветовой корректировки АФС или КС данные готовы для дальнейшей работы по извлечению параметров насаждения.

### Таксация насаждений с использованием данных LiDAR

Таксация или оценка качественных и количественных параметров насаждения является основой для планирования и организации хозяйственного использования лесов. Данные полученные при лидарной съёмке позволяют решить часть задач по определению

параметров древостоев. Наибольшее значение имеют такие характеристики как класс точки, плотность точек и интенсивность отражения импульсов. Принцип таксации основан на корреляционных зависимостях базовых параметров деревьев и древостоя (возраста, диаметра на высоте груди, абсолютной и относительной полноты) от их высоты определяемой с помощью облака точек. Предварительно обработанные данные обязательно калибруются наземными измерениями.

Плотность точек, выражаемая через число импульсов на квадратный метр, является определяющим фактором при выборе дальнейшей технологии таксации насаждений. Из множества различных методов выделяют два основных (рис.2):

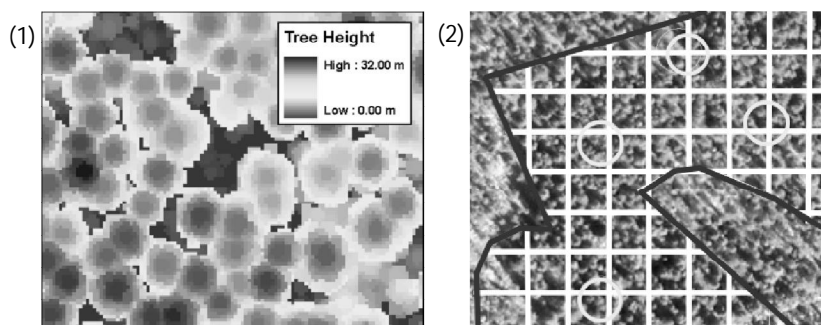


Рис. 2. Элементарные единицы используемые в методе отдельных деревьев (1) и зональном методе (2)

#### **Метод отдельных деревьев Individual Tree Detection (ITD).**

Метод основанный на данных высокой плотности.

**Зональный метод Area Based Approach (ABA).** Основан на статистических зависимостях в облаке с низкой плотностью.

При зональном методе территория, покрытая лесной растительностью, делится на квадратные ячейки размером 200-500 квадратных метров. Из данных ВЛС для каждой ячейки определяется высота полога и плотность точек, а из данных АФС породно-возрастные характеристики [2].

При методе отдельных деревьев используются данные высокой плотности (более 5 точек на квадратный метр), что позволяет выделять в растительности отдельные крупные объекты, получать данные об отдельных стволах и их характеристиках. Кроме характеристик, используемых в зональном методе, идет дополнительное распознавание пород деревьев с использованием их образов [2]. Но получение такого рода данных требует низкой высоты полёта самолета, что приводит к более низкой производительности съемочного процесса из-за уменьшения ширины охвата одного

маршрута. Следствием этого является удорожание съемочных работ, что при одинаковой точности получаемых характеристик делает зональный метод более выгодным.

В обоих случаях данные о насаждении калибруются данными пробных площадей собранных на местности, где каждая пробная описывает характеристики отдельных деревьев для конкретной точки. Местоположение точки определяется с учетом имеющейся информации о насаждениях в исследуемой области. Координаты позиции точки определяются при этом с высокой точностью. Общее количество пробных площадей на один проект составляет 500-1000 штук.

По собранным полевым данным и ДЗЗ производится разделение покрытия на выделы – однородные по таксационным признакам участки насаждения. Данная процедура называется сегментация. В качестве входных данных используется многоканальное изображение, где каждый канал представляет ту или иную характеристику растительности, полученную из облака точек и ДЗЗ. При этом из данных лидар извлекаются высота и плотность деревьев. Из АФС и/или КС получают данные о породно-возрастной структуре древесного полога. Для определения границ лесных участков несвязанных с древесной растительностью применяется дополнительная информация (границы кварталов, участков лесничеств, лесничеств, защитных лесов, линейных объектов и т.д.) Обязательно производится настройка алгоритмов проведения сегментации. После чего запускается сама процедура. Вначале определяются якорные точки – пиксели, вокруг которых определяются и присоединяются наиболее похожие пиксели, то есть происходит наращивание областей до определенных пределов, в зависимости от установленных настроек алгоритма. Таким образом, в результате сегментации получается несколько вариантов разделения территории на таксационные выделы, из которых выбирается наиболее подходящий вариант. Каждый сегмент при этом получает набор таксационных характеристик, описанных в атрибутивной таблице конечного полигонального слоя.

Проверки точности получаемых характеристик в различных проектах показали их высокую достоверность и соответствие международным стандартам измерений. Имеющиеся данные говорят о том, что полученная ошибка существенно меньше допустимых отклонений установленных действующей на территории РФ Лесоустроительной инструкцией [1].

#### **Реализация международного исследовательского проекта (Россия-Финляндия) на территории Пермского края**

В декабре 2014 года Малое инновационное предприятие «Центр космических технологий и услуг» (ООО «МИП «ЦКТиУ» выиграло

грант Министерства образования Пермского края по теме «Разработка автоматизированной технологии проведения лесоустроительных работ на основе комплексирования данных космической съемки и воздушного лазерного сканирования». В результате чего в 2015 году сотрудниками финской компании Oy Arbonaut Ltd было проведено обучение специалистов малого инновационного предприятия технологии Arbolidar, используемой при таксации насаждений на территории Финляндии.

Также удалось спланировать и провести первый этап полевых работ на тестовой территории расположенной в Соликамском (бывшем Половодовском) участком лесничестве Соликамского лесничества Пермского края. В результате предварительного анализа собранных материалов был разработан проект пробных площадей в количестве 309 штук. По материалам последнего лесоустройства на исследуемой территории встречалось 15 типов леса, которые были сгруппированы на 7 групп типов леса. Пробные площади были разработаны в соответствии с представленностью типов леса по площади. Для исследований на 2015 год были выбраны две наиболее представительные группы, включающие в себя зеленомошные, кисличные и черничные ельники и сосняки.

В ходе работ было заложено 159 пробных площадей (далее – ПП). Представляющих из себя концентрические круги различного радиуса, в пределах которых производились замеры морфометрических параметров деревьев.

До конца 2015 года планируется завершить расчёт показателей для этих двух групп и определить полноту и достоверность полученных расчетов.

#### **Выводы**

Опыт использования лидарных технологий в лесной таксации за рубежом позволяет говорить о высокой эффективности этого подхода. Его использование в России затруднено ввиду отсутствия позитивного опыта, получение которого является лишь делом времени. Работы, производимые в рамках международной исследовательской группы, направлены на получение такого опыта, что позволит в ближайшем будущем получить работающую в российских условиях эффективную технологию проведения лесоустроительных работ.

*Проект финансируется из средств гранта Министерства образования и науки Пермского края № с-26.1004.05 от 12.01.2015*

#### **Библиографический список**

1. Приказ Рослесхоза от 12.12.2011 № 516 «Об утверждении Лесоустроительной инструкции».
2. *Peuhkurinen, Jussi 2011. Estimating tree size distributions and timber assortment recoveries for wood procurement planning using airborne laser scanning. University of Eastern Finland, School of Forest Sciences*

**A.V. Kedrov, Matti Maltamo**

#### **Forest inventory with using technology LiDAR**

This article provides general information about the use of airborne laser scanning data in the inventory work and talked about the experience of the application of technology in the Perm region. The basic principles of the lidar and shows especially their use in determining the parameters of the stand.

**Keywords:** LiDAR, forest inventory, geographic information system, airborne laser scanning.

**Kedrov A.V.**, deputy director Ltd «Small innovative enterprise «Space technology and services center»; Russian 614990 Perm, st. Bukireva 15; kedalex@gmail.com

**Matti Maltamo**, Doctor of Science, Professor of Forest Mensuration Science; University of Eastern Finland, School of forest Sciences; Ahmankatu 1 as 2, 80130 Joensuu; maltamo@uef.fi

## Картографическое обеспечение трассы строительства магистрального газопровода

*Н. В. Бажукова, О. В. Киросова*

Статья посвящена вопросам разработки картографического обеспечения для конкретного участка строительства магистрального газопровода. Основное внимание уделяется оценке воздействия газопровода на окружающую среду.

**Ключевые слова:** картографическое обеспечение, магистральный газопровод, оценка воздействия на окружающую среду.

В настоящее время развитие системы газопроводного транспорта имеет немаловажное значение для Республики Коми. Это обусловлено связующей ролью региона в поставках газа с полуострова Ямал (Бованенковского и Харасавэйского месторождения) до северных и центральных районов страны, а также европейских потребителей. Активное строительство и проектирование новых веток способствует повышению производительности газотранспортной системы региона, а также приводит к освоению необжитых районов и развитию их инфраструктуры.

Исследуемый нами участок располагается между населенными пунктами Косью и Сыня в муниципальном районе Печора Республики Коми. Он относится к магистральному газопроводу «Бованенково-Ухта» в общей системе «Ямал-Европа», поэтому имеет важное экономическое и стратегическое значение. Трасса для строительства представляет собой область с неблагоприятными природными условиями: низкие температуры воздуха, сильные ветра, низкая устойчивость почв и растительности к любым, даже незначительным,

© Бажукова Н.В., Киросова О.В., 2015

**Киросова Ольга Владимировна**, студент 4 курса кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; hhholya@mail.ru

**Бажукова Наталья Валерьевна**, к. г. н., доцент кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; bazhukova.nv@mail.ru

изменениям природной среды, заболоченность территории. Помимо этого при прокладке газопроводов может быть нанесен ущерб поверхностным и подземным водам, животному миру, охраняемым территориям. Зачастую заказчик не имеет представления о характере воздействия газопроводов на компоненты природных геосистем или не учитывает всех возможных негативных последствий реализации такой деятельности. Поэтому для того, чтобы выявить проблемы еще до начала строительства газопровода и оценить степень его воздействия на окружающую среду, необходимо разработать картографическое обеспечение, что и стало *целью* нашего исследования.

Для достижения цели были поставлены следующие *задачи*: обосновать применение геоэкологического подхода при создании картографического обеспечения трассы строительства магистральных газопроводов; разработать методику картографирования воздействия газопроводов на природную среду и оценить это влияние; создать картографическое обеспечение и базу геоданных; применить методику для исследуемого участка и провести анализ.

В основу нашего исследования был положен геоэкологический подход, так как он позволяет изучить процессы взаимодействия природы и общества путем обнаружения трансформации экологически значимых свойств природных геосистем: метеорологических характеристик атмосферного воздуха, кислотности и механического состава почв, породного и возрастного состава растительности и др. Также проводилась оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) с целью определения негативных последствий строительства газопровода на предпроектной стадии и предупреждения возможной деградации окружающей среды [2].

Основная часть работ была связана с разработкой **картографического обеспечения**, системы картографических произведений, взаимоувязанных единой целью и общими принципами создания и выполняемых на основе анализа экологического состояния окружающей среды в районе прохождения газопровода [1]. Для создания картографического обеспечения использовались следующие источники данных: топографические карты масштаба 1:100000, shape-файлы, файлы САПР, предоставленные заказчиком, данные с геопортала Республики Коми.

На их основе был сформирован необходимый перечень природных и социально-экономических характеристик, которые легли в основу созданной нами базы геоданных. Природный блок включает в себя: рельеф, гидрографию, заболоченные участки, почвы, растительность, ООПТ. Социально-экономический блок представлен населенными пунктами, железными и автомобильными дорогами, промышленными объектами, газопроводами, линиями электропередач.

В целом, картографическое обеспечение включает в себя следующий комплекс карт (рис.1).

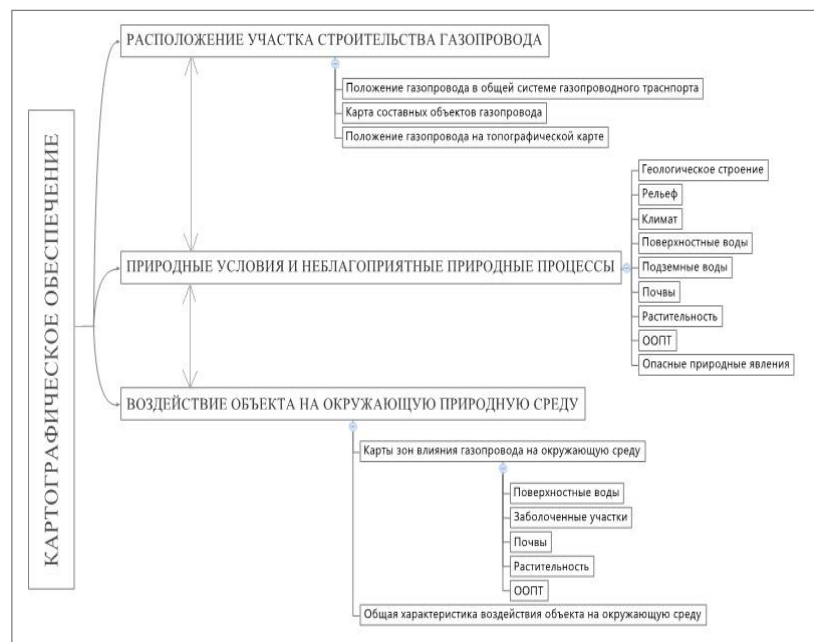


Рис.1. Картографическое обеспечение трассы строительства магистрального газопровода

В структуре картографического обеспечения было выделено три блока: первый касается расположения участка строительства газопровода и его структурных элементов; второй дает представление о природных условиях района исследования; третий касается воздействия объекта на окружающую природную среду.

Карты *первого* блока позволяют заказчику сформировать первоначальное представление об участке строительства, оценить его значимость. Отображение составных элементов газопровода (газораспределительных станций, Сыннинской КС, блочно-комплектных электростанций) важно с точки зрения рассмотрения каждого из этих объектов в качестве потенциально опасных источников загрязнения.

Карты *второго* блока помогут заказчику ознакомиться с физико-географическими характеристиками исследуемого участка местности, а также природными условиями, сложившимися вдоль трассы строительства газопровода. Второй блок является связующим звеном между первым и третьим, так как с одной стороны, важно

понимать, в каких условиях идет прокладка трассы газопровода, а с другой, - какое воздействие оказывает объект на экологически значимые свойства компонентов природных геосистем.

Карты *третьего* блока позволят заказчику выявить характер влияния газопровода на состояние каждого из анализируемых компонентов окружающей среды: поверхностных вод, заболоченных участков, почв, растительности и ООПТ, а также обнаружить возможные проблемы, с которыми столкнется осуществление намечаемой деятельности до того, как в проект будут вложены значительные средства. Так, показ пересечения газопроводом заболоченных участков и рек позволил бы заказчику оценить затраты на строительство переходов через водные объекты, принять решение о корректировке трассы газопровода или о проведении дополнительных мероприятий, например, по сохранению ширины или глубины русла водотока, его скорости течения. На исследуемом нами участке было отмечено пересечение газопроводом достаточно крупного болотного комплекса к северо-востоку от КС «Сыннинская».

Карты, отображающие воздействие газопровода на почвенный и растительный покров, необходимы для выделения (с учетом экологически значимых свойств данных природных компонентов) тех типов почв и растительных сообществ, которые *наиболее подвержены* деградации в результате эмиссии газа. В пределах трассы строительства газопровода были выделены еловые, лиственничные леса и торфяники с низкой степенью устойчивости, а также пространственно им соответствующие и наиболее уязвимые подзолы, глееподзолистые и торфянисто-подзолисто-глеватые почвы.

При составлении карты влияния газопровода на особо охраняемые природные территории были выделены пространства, на которые распространятся (максимально и минимально) негативные последствия после возникновения аварии на газопроводе. В зону риска попали национальный парк «Югд Ва» и Сыннинский биологический заказник.

Для создания карты суммарного воздействия газопровода на окружающую природную среду использовались несколько характеристик: значение уклонов рельефа, устойчивость фитоценозов и подверженность почв деградации. Для них были рассчитаны интегральные балльные оценки с учетом весовых коэффициентов. Полученные значения интегральной балльной оценки были разбиты на 5 групп (ненарушенная, слабо нарушенная, нарушенная, сильно нарушенная, очень сильно нарушенная среда) и использовались для построения итоговой карты (рис.2).

Участков с минимальной возможной степенью деградации окружающей среды (*ненарушенная* среда, 0,00 – 0,15 баллов) встречается крайне мало: небольшая область в 5 км<sup>2</sup> к юго-западу от

пос. Сыня; полоса длиной в 3 км к югу и к северо-востоку от КС «Сынинская»; участок вблизи пос. Косью в 14 км<sup>2</sup>.

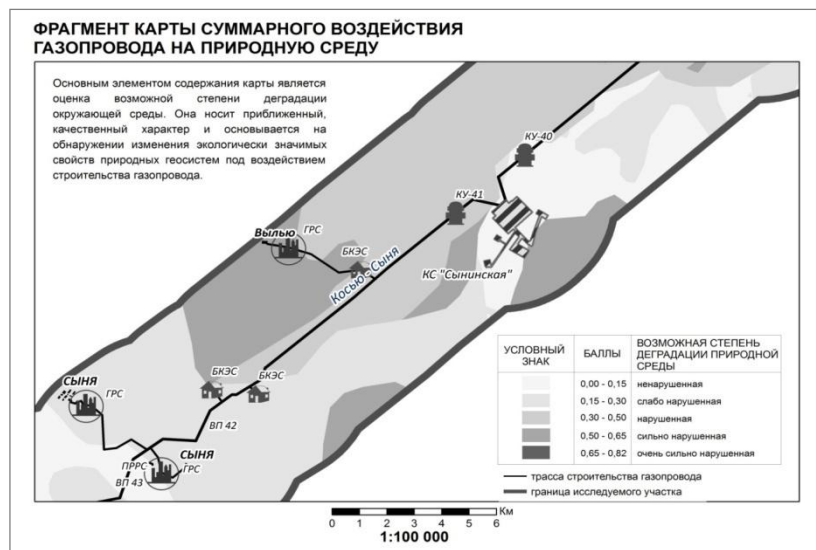


Рис.2. Карта суммарного воздействия газопровода на природную среду

Примерно равные площади занимают участки второго (*слабо нарушенная среда*, 0,15 – 0,30 баллов) и третьего (*нарушенная среда*, 0,30 – 0,50 баллов) выделенных классов возможной степени деградации природной среды. Область второго класса представляет собой клин, который берет начало у КС «Сынинская», затем расширяется до 8 км в поперечнике в районе вертолетной площадки ВП 42 и простирается до пос. Сыня. Также ко второму классу относится отдельная область площадью 18 км<sup>2</sup> в районе ближайшей к пос. Изъяю газораспределительной станции. Участки, принадлежащие к третьему классу, занимают территорию вдоль трассы газопровода от ВП 42 до КС «Сынинская», а также включают полосу шириной 4 км от компрессорной станции до ближайшей к р. Янью блочно-комплектной электростанции.

Наибольшие площади возможной степени деградации природной среды приходятся на четвертый класс (*сильно нарушенная среда*, 0,50 – 0,65 баллов): область площадью в 21 км<sup>2</sup> к юго-западу от пос. Вилью, клин в 4 км<sup>2</sup> к юго-западу от КС «Сынинская» и участок в 8 км<sup>2</sup> к юго-востоку от нее, территория в 20 км<sup>2</sup> от ближайшей к пос. Изъяю блочно-комплектной электростанции до ВП 39, а также небольшой участок к северу от пос. Косью между р. Большой и р. Войтымелю.

Максимальные значения возможной степени деградации природной среды (*очень сильно нарушенная среда*, 0,65 – 0,82 балла) приходится на небольшие (площадью 3-5 км<sup>2</sup>) линейно вытянутые участки к северу от истока р. Лыая до ВП 39, а также от газораспределительной станции до блочно-комплектной электростанции по правому берегу р. Изъяю.

Таким образом, в результате анализа построенных карт можно предположить, что смещение трассы к северу было бы обосновано, так как тогда избегаются пересечение газопроводом крупного болотного комплекса, происходит удаление от границ национального парка, а также населенных пунктов, находящихся в зоне риска. Следовательно, комплекс представленных карт (картографическое обеспечение) позволит заказчику не только рассмотреть текущее состояние участка строительства газопровода, но и, основываясь на геоэкологическом подходе, проанализировать процессы взаимовлияния природной среды и газопровода и принять решение о корректировке предполагаемой трассы строительства с целью минимизации ущерба, наносимого окружающей среде.

#### Библиографический список

1. Современная географическая картография// под редакцией И.К.Лурье и В.И.Кравцовой. М.: Дата+, 2012. – 292 с.
2. Стурман В.И. Экологическое картографирование: учебное пособие. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.

*N. V. Bazhukova, O. V. Kirosova*

#### The provision mapping for the route construction of the trunk gas pipeline

The article is devoted to the development of provision mapping for the particular route construction of the trunk gas pipeline. The focus is on assessment the impact of the pipeline on the environment.

Keywords: provision mapping, gas pipeline, environmental impact assessment.

**Kirosova O.V.**, student of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; hhholya@mail.ru

**Bazhukova N.V.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; bazhukova.nv@mail.ru

## Оптимизация работы службы скорой помощи с помощью анализа расстояний на примере г. Пермь

*М.В. Куимов, Е.С. Черепанова*

Рассматриваются вопросы оптимизации и повышения эффективности работы службы скорой помощи в Перми на основе анализа расстояний.

Ключевые слова: Службы оперативного реагирования, пространственно-временной анализ, сетевые модели данных.

К службам оперативного реагирования, в том числе, относятся подстанции скорой медицинской помощи. В работе служб оперативного реагирования важна каждая секунда. Поэтому стоит обратить внимание на проблемы, которые увеличивают время между обращением и оказанием первой помощи бригадой фельдшеров с возможной дальнейшей госпитализации каждого конкретного пациента.

Город Пермь является третьим городом по своим размерам в России (799,68 км<sup>2</sup>) [5]. Как и многие другие города, Пермь была построена на реке, что было важно для металлургической промышленности. Это обуславливает его сегодняшнюю вытянутость вдоль берегов – почти на 70 км. Город расположен на обоих берегах Воткинского водохранилища и частично Камского, при этом сообщение между берегами происходит только по 3 мостам, что создает определенную проблему в плане транспортного сообщения – около 20 км.

Эта проблема прямо влияет на эффективность работы скорой помощи. Кроме вытянутости город обладает и другими транспортными проблемами. Разные части города можно отнести к прямоугольной схеме и к прямоугольно-диагональной схеме улиц. При

---

© Куимов М.В., Черепанова Е.С., 2015

**Куимов Михаил Владиславович**, студент 4 курса кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; [kuimov22@rambler.ru](mailto:kuimov22@rambler.ru)

**Черепанова Екатерина Сергеевна**, к. г. н., доцент кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; [cherepanova\\_es@rambler.ru](mailto:cherepanova_es@rambler.ru)

достаточном уровне автомобилизации, о котором сегодня можно говорить, в определенные часы могут возникать проблемы при перемещении по городу [1]. В определенные часы передвижение по городу затруднено ввиду автомобильных пробок. Качество дорог тоже может оказать своё влияние на качество работы карет скорой помощи.

Минздрав России регулирует работу служб оперативного реагирования с точки зрения размещения станций. Так, в приказе Минздрава России говорится о том, что станции должны размещаться с учетом численности и плотности населения, особенностей застройки и протяженности населенного пункта с учетом 20-минутной транспортной доступности [2]. Официальный отчет по работе скорой помощи в городе говорит о 86,7% случаев приезда до 20 минут [3]. Следовательно, существует проблема, которая в будущем будет значительно влиять на качество работы службы оперативного реагирования.

Первая станция скорой помощи в России была создана в 1913 году. Размещение станций было направлено на все существующие районы ещё в советские годы, после чего не происходило никаких изменений. С помощью ГИС-технологий и функций пространственно-временного анализа расстояний можно предположить о более рациональном размещении станций, которое может сократить время приезда бригады скорой помощи.

В городе Пермь для распределения расстояний между станциями используется медицинская ГИС, которая оптимизирует работу с точки зрения транспортной нагрузки, однако не анализирует расстояния от станций до самых удалённых зданий. Смысл её работы заключается в том, чтобы определить на вызов ближайшую машину скорой помощи с достаточным по специализации персоналом для вызова. Что касается пространственной привязки города к станциям, то вскоре будет введена инновационная система так называемых геозон (рис. 1). Геозона – это понятие, которое используется для различных систем космического мониторинга. Компания, которая предлагает программное обеспечение для работы скорой помощи в Перми предлагает следующее определение: геозоны – это определенные области на карте, которые имеют для вас значение [4]. Эти геозоны распределены таким образом, чтобы покрыть разрастающийся город максимально эффективно относительно имеющихся сегодня станций.

Геозоны включают все районы города, в том числе и самые отдаленные. Вопрос обслуживания отдалённых районов города решается привязкой этих частей города к ближайшей станции. Было принято решение об увеличении геозоны подстанции № 8, которая обслуживается станцией в микрорайоне Гайва (Орджоникидзевский район). Для того, чтобы понять, насколько сложная ситуация



складывается относительно изучаемого вопроса, достаточно измерить расстояние от станции до наиболее удалённых зданий, привязанных к этой станции. Евклидово расстояние - расстояние по прямой - достигает 20 км. Следует понимать, что при такой удалённости маловероятно оказание первой помощи, и дальнейшая госпитализация в течение 20 минут едва ли возможна. Станции в других районах города так же размещены без учета увеличения зоны покрытия в будущем, следовательно, город нуждается в пространственном анализе размещения станций.

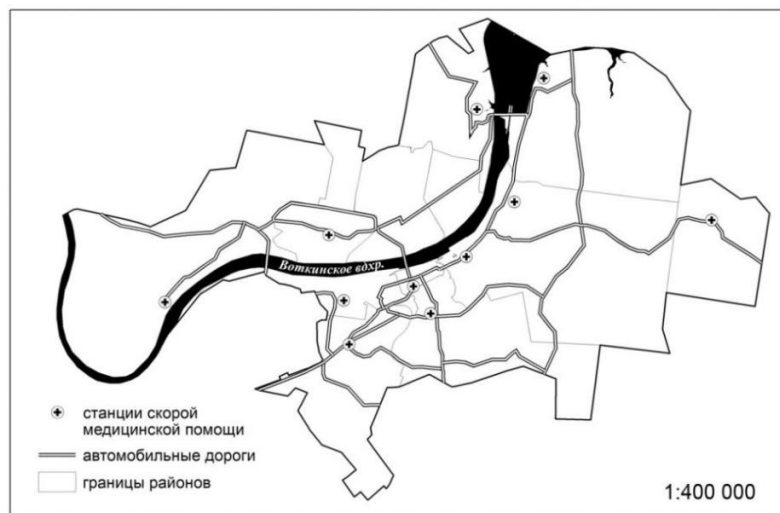


Рис. 1. Расположение станций скорой помощи в г. Перми

Следовательно, следует искать другие пути решения. Для того, чтобы рационально переместить станции для оптимизации работы скорой помощи в г. Пермь, следует учесть множество факторов. Кроме удаленности районов от станций, следует принять во внимание плотность населения всех районов, качество дорог, которые соединяют центр и периферию города, а так же транспортную нагрузку на различные районы города. Данная работа позволяет сделать вывод о нерациональном размещении станций скорой помощи и в будущем может послужить основанием для мероприятий, которые оптимизируют работу этой экстренной службы.

#### Библиографический список

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов. М.: «Транспорт», 1990. – С. 24-25.
2. Приказ Минздрава России от 20.06.2013 N 388 н «Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи».
3. Отчет министерства здравоохранения Пермского края о работе скорой помощи в 2014 г.
4. Справочная информация системы мониторинга Wialon Hosting - <http://docs.wialon.com/ru/>
5. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации - <http://www.gks.ru/>

*M.V. Kuimov, E.S.Cherepanova*

#### Optimize the operation of the ambulance service by analyzing the distance on the Example of Perm

The issues of streamlining and improving the overall performance of the ambulance service in Perm based on the analysis of distances.

Keywords: rapid response service, spatial-temporal analysis, network data model.

**Kuimov M.V.**, student of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; [kuimov22@rambler.ru](mailto:kuimov22@rambler.ru)

**Cherepanova E.S.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; [cherepanova\\_es@rambler.ru](mailto:cherepanova_es@rambler.ru)

## Исследование возможности уплотнения жилой застройки с помощью информационно-аналитической системы (ИАС)

*С.В. Максимова, В.С. Порталова*

Сегодня в развитых и развивающихся странах мира информационные технологии являются передовым направлением во всех отраслях деятельности - от оптимизации и автоматизации производств промышленности до электронной базы данных для школ и университетов. И городские планировщики так же имеют информационную поддержку.

В России на данный момент создана исчерпывающая база данных о развитии территорий - информационная система обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД). Целью ведения ИСОГД является обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц актуальными и достоверными сведениями, необходимыми для осуществления градостроительной, инвестиционной и иной хозяйственной деятельности, проведения землеустройства. Но эти данные мало используются как для анализа городских территорий, так и для поддержки принятия градостроительных решений. В связи с этим аспектом мы начали разрабатывать программный продукт информационно-аналитическую систему (ИАС). Это аналитический программный продукт ИАС объединяющий общую социально-экономическую статистику, данные государственного кадастра недвижимости, нормативно-правовую базу федерального и муниципального уровня в области градостроительства, GIS и Prognos Platform.

В данной статье приведены результаты исследований и практической на примере района Новые Ляды г. Перми, которая является частью комплексной тестовой задачи прогнозирования

© Максимова С.В., Порталова В.С., 2015

**Максимова Светлана Валентиновна**, Профессор, д.т.н., зав. кафедрой Архитектуры и урбанистики Пермского национального исследовательского политехнического университета; Россия 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; gradcenter@mail.ru

**Порталова Виктория Станиславовна**, ассистент кафедры Архитектуры и урбанистики Пермского национального исследовательского политехнического университета; Россия 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; victoryiapetuhova@gmail.com

функционального развития (общественных и жилых функций) отдельных участков городской территории.

Показано решение тестовой задачи с использованием ИАС и ИСОГД города Перми: исследование возможности уплотнения застройки с учетом максимально допустимой плотности жилого фонда.

**Ключевые слова:** информационные технологии в градостроительстве, информационно-аналитическая система, верификация, плотность жилого фонда, ИСОГД г. Перми.

Сегодня в развитых и развивающихся странах мира ИТ-технологии являются передовым направлением во всех отраслях деятельности - от оптимизации и автоматизации производств промышленности до электронной базы данных для школ и университетов. И городские планировщики так же имеют информационную поддержку. В России, в частности в Перми, на данный момент создана исчерпывающая база данных о развитии территорий - информационная система обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД). Целью ведения ИСОГД является обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц актуальными и достоверными сведениями, необходимыми для осуществления градостроительной, инвестиционной и иной хозяйственной деятельности, проведения землеустройства.

В состав ИСОГД входят следующие сведения:

1. Правила землепользования и застройки города Перми;
2. Проекты красных линий и проекты межевания и материалы по их обоснованию (официальное название «Документация по планировке территорий»)
3. Материалы об изученности природных и техногенных условий;
4. Документы и материалы об изъятии и резервировании земельного участка для государственных или муниципальных нужд;
5. Документы и материалы о застроенных и подлежащих застройке земельных участках;
6. Геодезические и картографические материалы;
7. Документы и материалы о предоставлении земельных участков для целей не связанных со строительством;
8. Документы и материалы из государственного кадастра недвижимости;
9. Документы мониторинга процессов градостроительной деятельности;
10. Документы и материалы публичных слушаний;

11. Информационные и аналитические материалы по различным аспектам развития города Перми и градостроительной деятельности [1].

Несмотря на то, что ИСОГД является обширной базой градостроительных данных, для анализа развития застройки, обоснования градостроительных решений, разработки стратегии развития территории, она не используется из-за отсутствия аналитического инструмента.

Вместе с тем, в мировой практике достижения последнего десятилетия в области информационных технологий способствовали развитию интеграции различных методов анализа городской среды (Space matrix, Space syntax, Mixed Use Index (MXI) [2]) с геоинформационными системами, чтобы количественно описать и классифицировать пространственные свойства застройки и выявить ее взаимосвязь с социально-экономическими процессами.

В течение последних двух лет авторами предпринималась попытка разработать аналитический программный инструмент - информационно-аналитическую систему (ИАС), которая позволила бы исследовать различные городские процессы во взаимосвязи с социально-экономическим развитием города. [3].

В качестве аналитического инструмента были применены возможности BI- платформы PROGNOZ-PLATFORM. База данных ИАС формируется для решения этой комплексной задачи и, наряду с данными муниципальной ИСОГД, содержит федеральную, региональную и муниципальную социально-экономическую статистику, нормативно-правовую базу федерального и муниципального уровня в области градостроительства. Специальный программный инструмент работы с картами, позволяет использовать для анализа картографические данные ARCGIS, содержащиеся в ИСОГД.

Эта структура позволяет накапливать, анализировать данные и исследовать взаимосвязь процессов социально-экономического и пространственного развития города.

В настоящее время ИАС тестируется с помощью традиционных градостроительных расчетов, наличие которых является обязательным в соответствии с федеральным и местным законодательством. Эта процедура позволит отладить работу ИАС и верифицировать получаемые с ее помощью результаты. Данные, полученные с помощью ИАС, сопоставляются с расчетами, выполняемыми вручную. Одна из первых наиболее простых тестовых задач по выбору земельного участка для строительства школы на территории Перми была описана нами в работе [5] на основании подходов, разработанных Головиным А.

Рассматриваемая в этой статье задача является частью комплексной тестовой задачи прогнозирования функционального развития (общественных и жилых функций) отдельных участков городской территории.

В качестве объекта исследования была выбрана территория отдаленного жилого района г. Перми Новые Ляды.

Район представляет собой застройку 40-50х годов прошлого века, планировка которой сложилась в советское время с характерными для того времени признаками: строчное расположение зданий, бытовые разрывы 12 м, этажностью от 1 до 5 этажей.

Основная масса населения микрорайона проживает в зоне многоэтажной жилой застройки, где расположены школа, детские сады, магазины и основные объекты культурной жизни поселка (Рис.1).



Рис.1. Вид поселка Новые Ляды

В настоящее время планируется развитие района с увеличением численности жителей до 15 тыс. человек к 2020 году.

Район Новые Ляды с одной стороны имеет достаточно простую и внятную типовую планировку, с другой - для него сформирован и утвержден реальный план пространственного развития, поэтому он был выбран как наиболее подходящий для тестирования ИАС.

Верификация проводилась на территории многоэтажной типовой застройки 60-х годов, где здания расположены меридианально. Типология и параметры зданий для 5 кварталов приведены в Таблице 1.

Таблица 1

**Типология и параметры зданий в кварталах района Новые Ляды**

| № квартала | Кол-во зданий в квартале | Строительный материал | Кол-во этажей (n) | Высота здания (H), м | Ширина здания (B), м |
|------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| 1          | 5                        | ж/б панели            | 5                 | 15,0                 | 12,0                 |
| 5          | 8                        | кирпич                | 3                 | 9,4                  |                      |
| 17         | 4                        | ж/б панели            | 5                 | 15,0                 |                      |
| 22         | 1                        |                       |                   |                      |                      |
| 33         | 3                        |                       |                   |                      |                      |

Тестовая задача заключалась в исследовании возможности уплотнения застройки с учетом максимально допустимой плотности жилого фонда, установленной федеральными санитарно-гигиеническими нормативами. Методика расчета изложена в работе Н.С. Русаковой, В.А. Сосновского [6] и основана на сравнении максимально допустимой и сложившейся плотности жилого фонда.

Значения максимально допустимой плотности жилого фонда (нетто) определяются из условий обеспечения нормативного времени инсоляции жилых помещений (для северной зоны (севернее 58° с. ш.) – не менее 2,5 ч в день с 22 апреля по 22 августа; для центральной зоны (58° с. ш. – 48° с. ш.) – не менее 2 ч в день с 22 марта по 22 сентября; для южной зоны (южнее 48° с. ш.) – не менее 1,5 ч в день с 22 февраля по 22 октября [7]) и обеспечения нормативной площади озеленения ( $\min\_square\_of\_open\_space$  - не менее 6 кв.м./чел [8]).

Инсоляция обеспечивается при соблюдении разрывов между домами меридиональной ориентации 2H, широтной – H, то есть, если плотность застройки  $P_1$  удовлетворяет неравенству:

$$P_1 \leq P_2 \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{\sum VL}{\sum (B+2H)(L+1)}, \% \quad (2)$$

где:

- B - ширина здания;
- H - высота здания.
- L –расстояние между зданиями

Плотность жилого фонда  $\Delta_{netto}$  рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{netto} = \frac{10^4 m}{c + \frac{2m}{\alpha n}}, sq \frac{m}{ha} \quad (3)$$

где:

$m$  - норма жилой обеспеченности (вводится пользователем или принимается по местным нормативам  $m = 20 \text{ м}^2/\text{чел}$  для новой застройки)

$c$  - площадь, занятая зелеными насаждениями (вводится пользователем или принимается по местным нормативам  $6 \text{ м}^2/\text{чел}$ );

$\alpha$  - коэффициент, характеризующийся долей жилой площади зданий от совокупной их площади, принимается в зависимости от этажности здания;

$n$  - количество этажей в здании.

Соотношение между  $\alpha$  и  $n$  приводится в таблице 2.

Таблица 2

| Значение $\alpha$ |                   |
|-------------------|-------------------|
| п этажей          | значение $\alpha$ |
| 2-5               | 0.59              |
| 6-30              | 0.53              |

Предельная плотность застройки  $P_1$ :

$$P_1 = \frac{\Delta_{net}}{n\alpha 100}, \% \quad (4)$$

Значения расчетных параметров и целевых функции для кварталов, указанных на Рис.1 приведены в таблице 3.

ИАС позволяет с помощью ИСОГД определить значение  $c$  конкретно для каждого квартала, что позволяет нам точно выявлять резервы для уплотнения застройки или формировать участки для открытых пространств общего пользования.

Таблица 3

## Значения целевых функций и параметров для кварталов

| № квартала | Параметры    |           |          |     |     |       |          | Значения целевых функций для существующей застройки |       |
|------------|--------------|-----------|----------|-----|-----|-------|----------|---|-------|
|            | $c$          | $m$       | $\alpha$ | $n$ | $B$ | $H$   | $S_{уч}$ | $P_1$   | $P_2$ |
|            | кв.м./чел    | кв.м./чел | -        |     | м   | м     | кв.м     | %   | %     |
| 1          | 6 (перемен.) | 20        | 0,59     | 5   | 12  | 15    | 33553    | 34,66   | 35,71 |
| 5          |              |           |          |     |     |       | 16365    | 34,66   | 35,71 |
| 17         |              |           |          |     |     |       | 31932    | 34,66   | 35,71 |
| 22         |              |           |          |     |     |       | 16739    | 34,66   | 35,71 |
| 33         |              |           |          | 3   | 9,4 | 25195 | 39,51    | 45,98   |       |



Рис. 2. Схема застройки жилых кварталов, приведенных в Таблице 3

## Алгоритм решения тестовой задачи:

Выделенные в таблице 3 параметры  $c$ ,  $m$  и  $\alpha$  вводятся в расчет из блока нормативных документов базы данных ИАС.

1. С картографических данных, введенных в ИАС из ИСОГД, получены значения  $c$ ,  $B$ ,  $H$  и  $S_q$ . Границы кварталов определены по плану красных линий из документации по планировке территории микрорайона Новые Ляды. ИАС получает их из базы данных ИСОГД.

2. Определение существующей  $\Delta netto_1$  и планируемой  $\Delta netto_2$  плотности жилого фонда, при переменных значениях  $m_i$ ,  $n_i$ ,  $\alpha_i$  по формуле (3)

3. Вычисление  $P_1$  по формуле (4) и  $P_2$  (2) при различных значениях расчетных параметров

4. Сопоставление целевых функций по формуле (1)

С использованием данного алгоритма определены технико-экономические показатели района Новые Ляды по этапам развития до 2030 года. Проведенный расчет показал возможности уплотнения застройки в некоторых кварталах на рассматриваемой территории под планируемое муниципалитетом и градообразующим предприятием увеличение количества жителей к 2030 году. Итоговый интерфейс ИАС для решения задачи поселка Новые Ляды показан на Рис. 3.

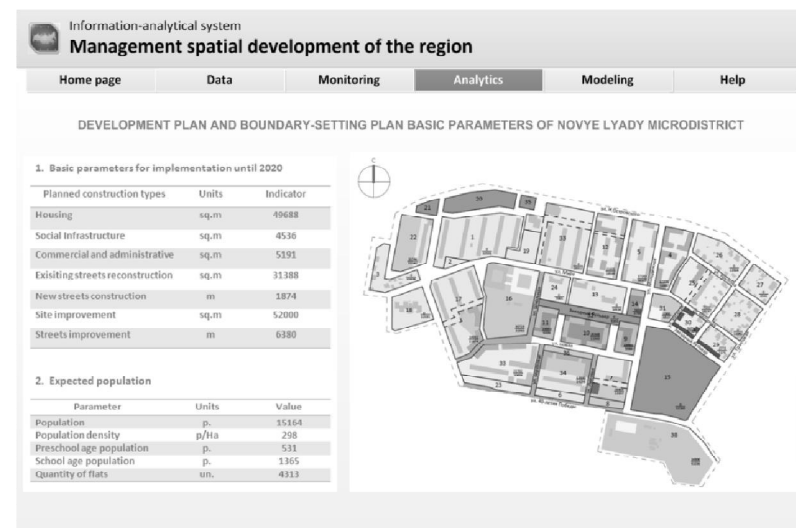


Рис.3 Интерфейс страницы технико-экономической оценки в ИАС

## Перечень эконометрических и адаптивных методов, использованных в решении задачи:

1. Регрессионные модели:
  - 1.1. Линейная регрессия (Оценка Инструментальных Переменных);
  - 1.2. Нелинейная регрессия (Оценки Нелинейной OLS)
  - 1.3. Модель Исправления Ошибок
2. Анализ Временных Рядов:
  - 2.1. Тенденция с Оценкой Функциональной Зависимости;
  - 2.2. Сглаживающие Модели (Медианальное Сглаживание, Экспоненциальное Сглаживание);

- 2.3. X11;
- 2.4. ARIMA
3. Определенное Уравнение;
4. Модель Панели Данных;
5. Система Нелинейных Уравнений.

### Заключение

1. ИАС хорошо совместима с ИСОГД города Перми. В решении тестовой задачи подсистема моделирования ИАС успешно использовала встроенные средства по работе с картами, поддерживающие следующие функции:

- Изменение масштаба карты;
- Выбор произвольной области на карте;
- Просмотр картографических слоев;
- Просмотр информации об объектах на карте.

2. Сопоставление результатов, полученных при расчете в ИАС и вручную, показало высокую сходимость результатов. Программа работает корректно и правильно обрабатывает данные.

3. Решение тестовой задачи показало возможность анализа балансов/дисбалансов функций территорий с помощью аналитической подсистемы Prognoz Platform.

4. Практическим результатом решения тестовых задач стала возможность выделения земельных участков для строительства нового жилья в перспективе, так как санитарно-гигиенические качества старой и новой застройки обеспечены и резервы для уплотнения застройки есть.

5. Материалы Генеральных планов городов в картографическом формате, как неотъемлемая часть ИСОГД, являются хорошей и, главное, доступной базой для создания комплексной интегрированной платформы научного планирования развития города. Созданные в формате ArcGIS, картографические материалы Генеральных планов, ПЗЗ и МНГП, при наличии аналитического инструмента, которым является РР, могут использоваться для пространственного анализа и исследования взаимосвязи процессов социально-экономического и пространственного развития города.

*Мы с благодарностью хотим отметить работу нашего партнера ЗАО «Прогноз» и студентов Пермского научно-исследовательского политехнического университета, принимавших участие в сборе данных и тестировании информационного продукта. Также выражаем глубокую благодарность Министерству образования Пермского края за финансовую поддержку нашего исследования.*

### Библиографический список

1. Сайт Пермской городской администрации. Раздел «Градостроительство», «ИСОГД». URL: [http://www.gorodperm.ru/economic/building-up/constr\\_info/](http://www.gorodperm.ru/economic/building-up/constr_info/).
2. Y. Ye and A. van Nes, *Quantitative tools in urban morphology: combining space syntax, spacematrix and mixed-use index in a GIS framework* // *Online journal. Urban morphology* — 2014, № 18.2, с. 97-118.
3. Максимова С.В., Завьялов А.Ю., Микушин П.С., Шульц Д.Н., Лоренс П. *Интегрированная модель пространственного развития как основа для систем поддержки принятия решений в области пространственного планирования* // *Вестник ПНИПУ «Прикладная экология. Урбанистика»* — Пермь — 2013, № 4, с. 10-20.
4. Максимова С.В., Завьялов А.Ю., Микушин П.С., Ванкуцем Д., Мезенина К.О. *Информационно-аналитическая система для управления пространственным развитием городов Пермского края, Планируйте это разумно «Умные решения для умных городов» Материалы 19-й Международной Конференции по городскому планированию и региональному развитию в геомультимедийном Информационном Сообществе REAL CORP — г. Вена, Австрия — 2014, с. 295-301.*
5. Головин А.В. *Моделирование для принятия решений при градостроительном проектировании на примере сети муниципальных образовательных учреждений* // *Вестник ПНИПУ «Прикладная экология. Урбанистика»* — Пермь — 2013, № 2, с. 6-31.
6. Сосновский В.А., Русакова Н.С. *Прикладные методы градостроительных исследований* — Москва : Архитектура-С, 2006 — 111 с.
7. Свод правил 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», *Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\**.
8. *Местные нормативы градостроительного проектирования г. Перми.*

*S.V. Maximova, V.S. Portalova*

### Research of the possibility density of residential area with help of Information Analytical System (IAS)

Information technology has become the best direction in all branches of activity in developed and developing countries - from the optimization and automation of manufacturing industry to the electronic database for schools and universities, and urban planning sphere is no exception.

In Russia there is a comprehensive database of development areas – the information system for urban development (ISOGD). The main goal of ISOGD is to provide public authorities, local governments, individuals and legal entities with relevant and reliable information, necessary for the implementation of urban planning projects, investment and other economic activities. At the moment this data is not used for the analysis of urban areas and to support the adoption of urban planning decisions. In connection with this aspect, we have begun to develop a software product – information-analytical system (IAS). This analytical software combines overall socio-economic statistics, the data of the state cadastre of real estate, legal and regulatory framework of the federal and municipal level in the field of urban planning, GIS and PROGNOZ-PLATFORM software.

This article presents the results of research and practical work considering the case of Novye Lyady microdistrict, which represent a part of comprehensive test problem of functional development (public and residential functions) forecasting of the selected areas throughout urban territory.

Within this article the solution to the benchmark problem using the IAS and Perm ISOGD is shown: investigation the possibility of development consolidation taking into account the maximum feasible housing density.

Key words: information technology in urban planning, information-analytical system, verification, density housing, Information System Providing of Urban Development +Activities (ISPUDA) of Perm.

**Maximova S.V.**, Doctor of technical sciences, Professor, Head of Architecture & Urban Planning department, Perm National Research Polytechnic University, Russia 614990, Perm, st. Komsomolsky Ave. 29; gradcenter@mail.ru

**Portalova V.S.**, Teaching assistant of the Architecture & Urban Planning department, Masters of Urban Planning, Perm National Research Polytechnic University, Russia 614990, Perm, st. Komsomolsky Ave. 29; victoryiapetuhova@gmail.com

УДК 528.91 : 631.452 : 631.454

## Использование ГИС-технологий при агрохимическом обследовании сельскохозяйственных угодий

*К.А. Михайлова, М.А. Алешин, М.В. Разинский*

Использование системы глобального позиционирования и программы MapInfo для составления цифровых карт, позволяет значительно оптимизировать процедуру агрохимического обследования, разработку мероприятий по повышению плодородия почвы, а также последующую работу агронома.

Ключевые слова: геоинформационные системы, цифровые карты, программа MapInfo, картограмма, показатели почвенного плодородия.

### Введение

Сельское хозяйство – один из наиболее древних видов хозяйственной деятельности человека. На сегодняшний день не все методы и технологии картографирования прошлых лет эффективны. Разнообразная по тематике и точная картографическая информация стала в наши дни ценнейшим продуктом и товаром. Именно этим вызвано обращение к новым цифровым технологиям картографирования. Поскольку практически вся информация о ресурсах сельского хозяйства имеет пространственную привязку, очевидно, что в качестве базовой информационной технологии лучше всего использовать геоинформационные системы.

Внедрение компьютерных технологий позволяет не только значительно упростить введение информационных баз и снизить вероятность возникновения ошибок, но и внедрить новые методы поддержки принятия управленческих решений на основе анализа данных. С помощью геоинформационных систем удобно проводить

---

© Михайлова К.А., Алешин М.А., Разинский М.В., 2015

**Михайлова Ксения Арсеньевна**, студентка 4-го курса Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. Д.Н. Прянишникова; Россия 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская 23; ks1994660@gmail.com

**Алешин Матвей Алексеевич**, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. Д.Н. Прянишникова; Россия 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская 23; Matvei0704@mail.ru

**Разинский Михаил Валерьевич**, ведущий специалист ФГБУ ГЦАС «Пермский»; Россия 614065, г. Пермь, ул. Промышленная 83; rnv@mail.ru

анализ всех проведенных агротехнических операций и отображение этой информации в виде карт, таблиц и графиков[2].

В 2015 году в рамках кафедры агрохимии ФГБОУ ВО Пермская ГСХА были проведены работы по подготовке цифровой картографической карты (основы) территории хозяйства ИП Валеев Р.Р. расположенного в Ильинском районе Пермского края с целью проведения агрохимического обследования.

Комплексное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий проводится с целью контроля и оценки изменения их плодородия.

Экономически выгодным является агрохимическое обследование, в результате которого создаются агрохимические карты на цифровой основе, позволяющие планировать и отслеживать внесение удобрений. Агрохимический анализ почвы (ее свойств) позволяет более рационально и экономно использовать дорогостоящие удобрения, повышая при этом уровень урожайности в хозяйстве. Кроме того, агрохимическое обследование почв позволяет минимизировать негативное влияние удобрений на окружающую среду за счет их более рационального использования.

Агрохимическое обследование желательно выполнять, как минимум, раз в пять лет. Рекомендуется каждый год между полноценными обследованиями выполнять исследования на наиболее репрезентативных участках хозяйства (по этим данным можно актуализировать агрохимические обследования прошлых лет). Таким образом, лучше чтобы в хозяйстве велось постоянное «агрохимическое обслуживание».

В сфере агрохимического обслуживания сейчас используются новые технологии. Создание электронных карт производится с помощью высокоточных GPS-навигаторов, автоматических почвенных пробоотборников и специальных программных обеспечений. Это значительно удешевляет проведение отдельных полевых работ. Кроме этого, новые технологии позволяют отбирать почвенные пробы с высокой точностью в одном и том же месте из года в год, что позволяет корректно осуществлять мониторинг почвенных свойств и проводить обработку данных последнего и предыдущего туров агрохимического обследования[1].

#### **Методика проведения исследований**

Для проведения агрохимического обследования была сформирована картографическая основа в масштабе 1:16 000 на основе спутниковых данных крупного разрешения. Для этого использовали данные спутникового мониторинга размещенные на сайте <https://www.google.ru/maps>. После чего проанализировали пространственную базу данных о границах полей и их характеристиках на основе данных почвенной карты, приставленных

сельскохозяйственным предприятием. Были выявлены значительные расхождения площадей полей между реальной электронной картой и почвенной картой используемой в хозяйстве. Обработанная информация была нанесена на картографическую основу с нанесением границ отдельных элементарных участков.

Отбор почвенных образцов в хозяйстве ИП Валеев Р.Р. Ильинского района Пермского края был проведен во второй декаде мая 2015 года группой студентов-агрохимиков с использованием GPS-навигаторов на площади 1171,4 га сельскохозяйственных угодий, основная часть которых представлена пашней. С каждого элементарного участка, размером ~8 га, отбирался один смешанный образец, состоящий из 20-25 индивидуальных проб почвы, равномерно взятыми тростевым буром по осевой или диагональной линии элементарного участка. Глубина отбора почвенных образцов составляла порядка 20 см, что на большей части элементарных участков соответствовало мощности пахотного слоя. В сумме с обследованной площади отобрано порядка 80 смешанных образцов.

Лабораторные исследования почвенных образцов с определением основных физико-химических свойств, проводились в лаборатории кафедры агрохимии Пермской ГСХА:

1. Кислотность ( $pH_{KCl}$  - потенциметрическим методом) по ГОСТу 26483-85. Проанализировано 160 образцов;

2. Определение подвижных соединений фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) по Кирсанову в модификации ЦИНАО с 0,2 Н соляной кислотой по ГОСТу 26207-91. Проанализировано 36 образцов;

3. Определение подвижных соединений фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) по методу Мачигина в модификации ЦИНАО в 1% вытяжке углекислого аммония по ГОСТу 26207-91. Проанализировано 124 образца.

В легенде к каждой картограмме представлена расшифровка используемых обозначений:

- номер контура – указан черной тушью в числителе;
- площадь контура, га – указана черной тушью в знаменателе;
- цвет контура – соответствующее значение обменной кислотности (группа) или содержание элемента питания в почве ( $P_2O_5$  или  $K_2O$ ).

#### **Результаты и их обсуждение**

В результате проведения лабораторных анализов были получены данные об агрохимических и физико-химических свойствах почв. На их основе в последующем составляют агрохимические картограммы кислотности и содержания элементов питания в почве, которые используют при разработке плана химической мелиорации и применения удобрений.

Кислотность почвы, одно из важнейших свойств, обусловленное



наличием водородных ионов в почвенном растворе, а также обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе. Зачастую, именно кислотность лимитирует развитие растений и многих полезных микроорганизмов. Результаты по величине обменной кислотности представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Группировка почв по степени обменной кислотности (рН<sub>КС1</sub>)**

| № гр. | Значение рН <sub>КС1</sub> | Степень кислотности   | Условный цвет | Площадь |       |          |       |
|-------|----------------------------|-----------------------|---------------|---------|-------|----------|-------|
|       |                            |                       |               | пашня   |       | сенокосы |       |
|       |                            |                       |               | га      | %     | га       | %     |
| I.    | ≤ 4,0                      | очень сильноокислые   | красный       | 0       | 0,0   | 0        | 0,0   |
| II.   | 4,1-4,5                    | сильноокислые         | оранжевый     | 0       | 0,0   | 46,0     | 10,0  |
| III.  | 4,6-5,0                    | среднеокислые         | желтый        | 26,8    | 3,8   | 115,3    | 25,0  |
| IV.   | 5,1-5,5                    | слабокислые           | зеленый       | 0       | 0,0   | 193,6    | 41,9  |
| V.    | 5,6-6,0                    | близкие к нейтральным | синий         | 82,2    | 11,6  | 83,4     | 18,1  |
| VI.   | ≥ 6,0                      | нейтральные           | фиолетовый    | 600,6   | 84,6  | 23,5     | 5,1   |
| Всего |                            |                       |               | 709,6   | 100,0 | 461,8    | 100,0 |

На основании данных, представленных в таблице, можно отметить, что основная часть (96,2%) площади пашни расположена на близких к нейтральным и нейтральных дерново-карбонатных почвах. В свою очередь массивы сенокосов, большей своей частью (66,9%), представлены на средне- и слабокислых участках, преимущественно дерново-подзолистых почв.

Картограмма по обменной кислотности представлена на рисунке 1.

Оптимальной для большинства возделываемых культур и почвенных микроорганизмов является слабокислая и близкая к нейтральной (рН<sub>КС1</sub> 6,0-7,5) реакция почвы. Однако есть культуры, оптимальная реакция почв для которых более кислая или находится в широком интервале рН<sub>КС1</sub>. Следует подчеркнуть, что все растения в течение первых 2-3 недель с момента прорастания семян особенно чувствительны к неблагоприятной реакции среды. С возрастом они приобретают устойчивость к ней.

Высокие урожаи сельскохозяйственных культур обеспечивает соответствующий питательный режим почвы, связанный с запасами доступного фосфора и калия для растений. Запасы подвижных форм элементов питания зависят от типа почв, гранулометрического состава, окультуренности и технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

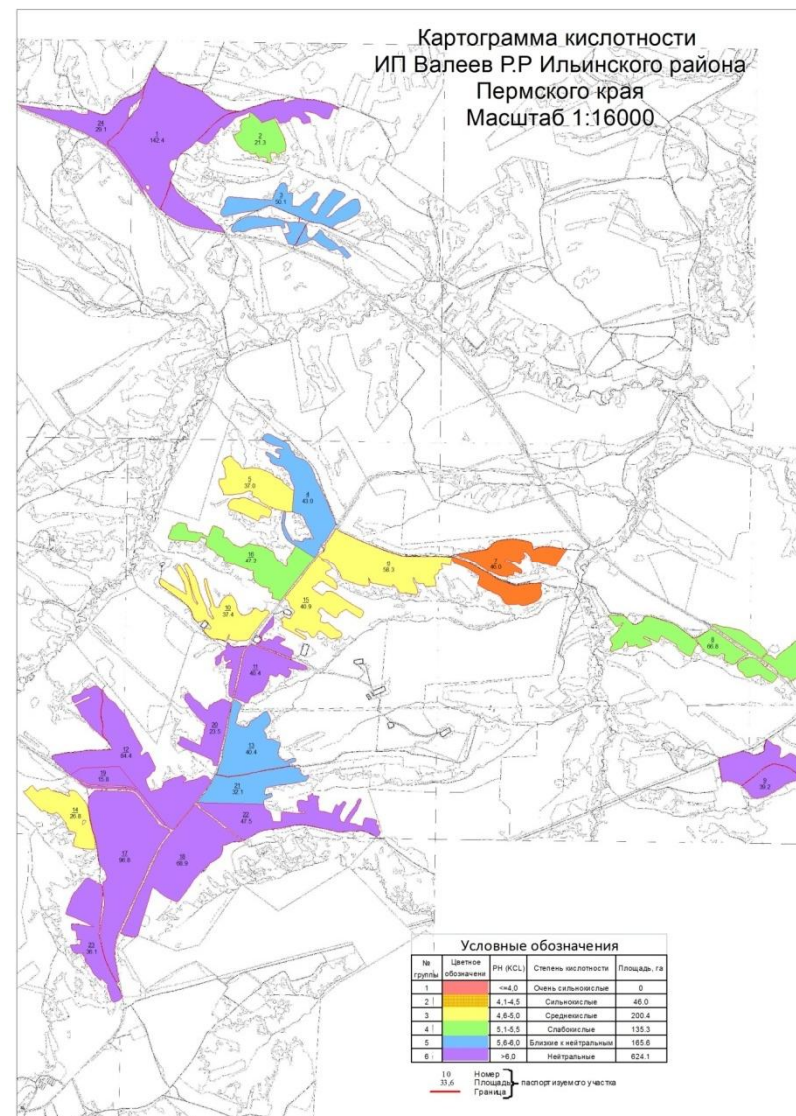


Рис. 1. Картограмма сельскохозяйственных угодий по величине обменной кислотности

Оптимальным уровнем содержания подвижных форм фосфора и калия, к которым необходимо стремиться, следует признать для дерново-подзолистых почв в полевых севооборотах 100-150 мг/кг почвы по Кирсанову и 31-45 мг/кг почвы по Мачигину. Использование

двух группировок по содержанию элементов питания связано с расположением сельскохозяйственных угодий на разных типах почв. Результаты по содержанию основных элементов питания представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Группировка почв по содержанию подвижного фосфора ( $P_2O_5$ )**

| № гр. | Содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы |             | Степень обеспеченности $P_2O_5$ | Условный цвет | Площадь |       |          |       |
|-------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|---------------|---------|-------|----------|-------|
|       | по Кирсанову                      | по Мачигину |                                 |               | пашня   |       | сенокосы |       |
|       |                                   |             |                                 |               | га      | %     | га       | %     |
| I.    | 0-25                              | ≤10         | очень низкая                    | красный       | 0       | 0,0   | 0        | 0,0   |
| II.   | 26-50                             | 11-15       | низкая                          | оранжевый     | 0       | 0,0   | 0        | 0,0   |
| III.  | 51-100                            | 16-30       | средняя                         | желтый        | 0       | 0,0   | 0        | 0,0   |
| IV.   | 101-150                           | 31-45       | повышенная                      | зеленый       | 148,2   | 20,9  | 80,0     | 17,3  |
| V.    | 151-250                           | 45-60       | высокая                         | синий         | 211,3   | 29,8  | 37,4     | 8,1   |
| VI.   | ≥ 250                             | ≥ 60        | очень высокая                   | фиолетовый    | 350,1   | 49,3  | 344,4    | 74,6  |
| Всего |                                   |             |                                 |               | 709,6   | 100,0 | 461,8    | 100,0 |

На основании данных представленных в таблице, можно отметить, что обследуемая территория, не зависимо от типа сельскохозяйственных угодий, представлена почвами с содержанием подвижного фосфора более 100 мг/кг.

Таблица 3

**Группировка почв по содержанию обменного калия ( $K_2O$ )**

| № гр. | Содержание $K_2O$ , мг/кг почвы |             | Степень обеспеченности $K_2O$ | Условный цвет | Площадь |       |          |       |
|-------|---------------------------------|-------------|-------------------------------|---------------|---------|-------|----------|-------|
|       | по Кирсанову                    | по Мачигину |                               |               | пашня   |       | сенокосы |       |
|       |                                 |             |                               |               | га      | %     | га       | %     |
| I.    | 0-40                            | ≤ 100       | очень низкая                  | красный       | 0,0     | 0,0   | 0,0      | 0,0   |
| II.   | 41-80                           | 101-200     | низкая                        | оранжевый     | 0,0     | 0,0   | 0,0      | 0,0   |
| III.  | 81-120                          | 201-300     | средняя                       | желтый        | 0,0     | 0,0   | 0,0      | 0,0   |
| IV.   | 121-170                         | 301-400     | повышенная                    | зеленый       | 26,8    | 3,8   | 43,0     | 9,3   |
| V.    | 171-250                         | 401-600     | высокая                       | синий         | 635,3   | 89,5  | 418,8    | 90,7  |
| VI.   | ≥ 250                           | ≥ 600       | очень высокая                 | фиолетовый    | 47,5    | 6,7   | 0,0      | 0,0   |
| Всего |                                 |             |                               |               | 709,6   | 100,0 | 461,8    | 100,0 |

Полученные данные по содержанию подвижного фосфора и картограмма на их основе, графически представлены на рисунке 2.

Средневзвешенный показатель обеспеченности почв

подвижным фосфором на обследованной территории хозяйства высокий и в зависимости от используемой группировки составляет 231,1 и 68,0 мг на 1 кг почвы соответственно (высокая обеспеченность).

По данным агрохимического обследования, наибольшую площадь под пашней и сенокосом (89,5% и 90,7% соответственно) занимают почвы с высокой обеспеченностью обменным калием. Во внесении калийных удобрений растения нуждаются слабо.

Полученные данные по содержанию обменного калия и картограмма на их основе, графически представлены на рисунке 3.

Средневзвешенный показатель содержания обменного калия составляет 200,5 и 493,4 мг/кг почвы соответственно (повышенная обеспеченность).

Картограммы составлялись с помощью графической информационной системы MapInfo. Реализована возможность построения тематических карт, характеризующих величину обменной кислотности и содержание питательных веществ в почве. Полученные картограммы представляют собой слои, привязанные к существующей карте и табличной базе данных. Каждому полю в последующем, относящемуся к конкретному севообороту, присваивался порядковый номер.

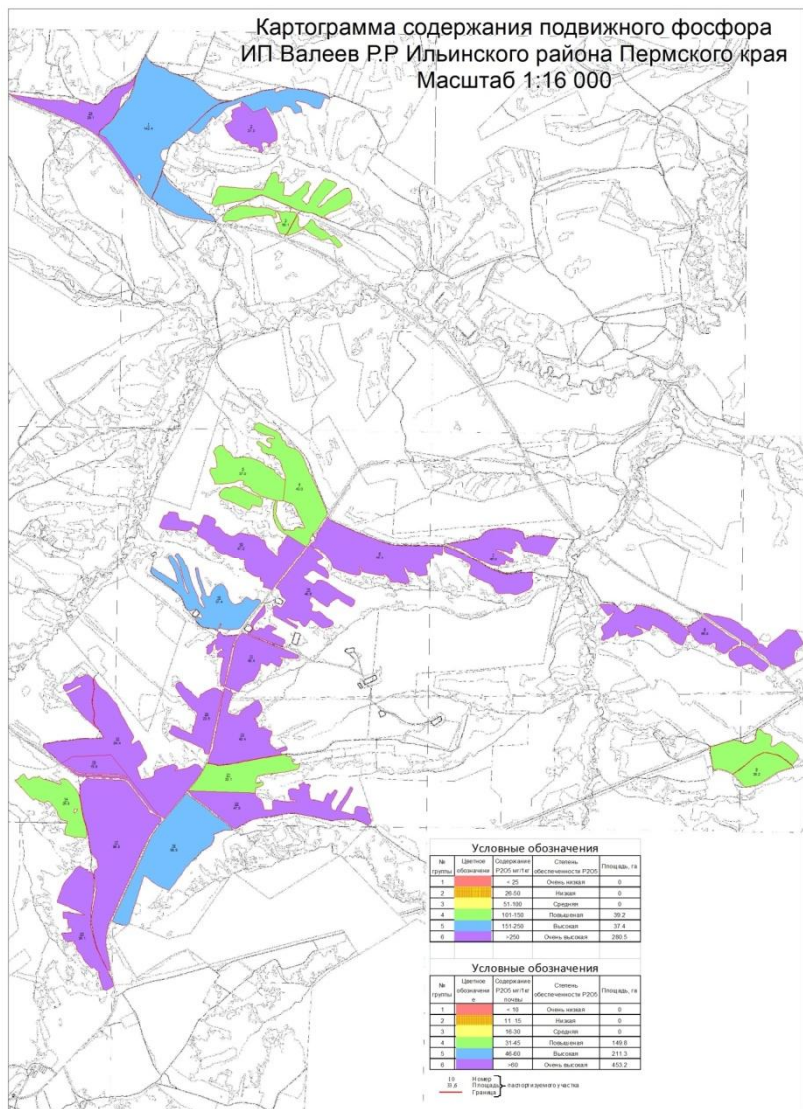


Рис.2. Картограмма сельскохозяйственных угодий по содержанию подвижного фосфора

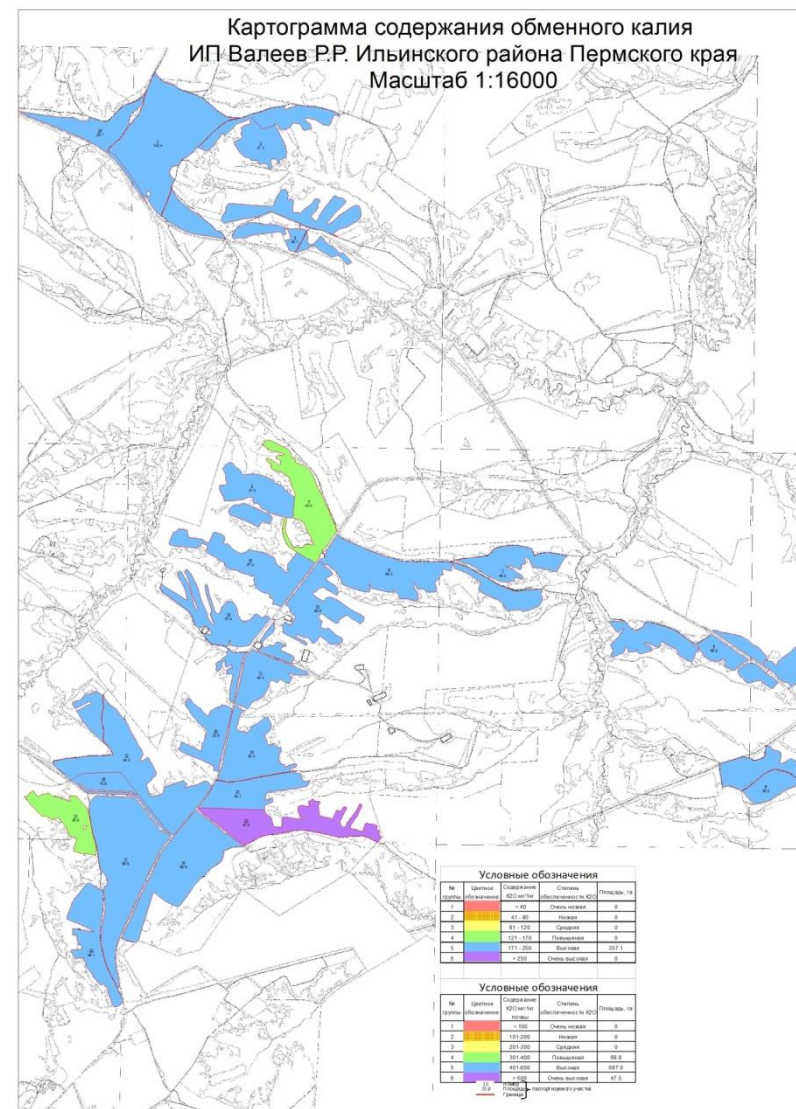


Рис.3. Картограмма сельскохозяйственных угодий по содержанию обменного калия

### Выводы

На основании полученных данных и готовых картограмм обменной кислотности и содержания элементов минерального питания проводилось обобщение данных. Итогом проделанной работе являлась выдача рекомендации по использованию средств химизации, типам и

формам вносимых удобрений, общей потребности в них и затратам на их внесение в целом по хозяйству.

#### Библиографический список

1. Минеев В.Г. *Агрохимия: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.*
2. Тамилова Л.А. *Создание цифровых карт средствами ГИС MapInfoProfessional. – Пермь: ФГБОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2013 – 26 с.*

**К.А. Mikhaylova, М.А. Alyoshin, М.В. Razinsky**  
**Use of GIS-technologies at agrochemical inspection of agricultural grounds**

Use of system of global positioning and the MapInfo program for drawing up digital cards, allows to optimize considerably procedure of agrochemical inspection, development of actions for increase of fertility of the soil, and also the subsequent work of the agronomist.

Key words: geographic information systems, digital maps, MapInfo program, cartogram, indicators of soil fertility.

**Mikhaylova K.A.**, student of the 4th course of the Perm state agricultural academy of D.N. Pryanishnikov; Russia 614990, Perm, Petropavlovskaya St. 23; ks1994660@gmail.com

**Alyoshin M.A.**, candidate agricultural sciences, the associate professor of agrochemistry of the Perm state agricultural academy of D.N. Pryanishnikov; Russia 614990, Perm, Petropavlovskaya St. 23; Matvei0704@mail.ru

**Razinsky M.V.**, leading expert of Federal state budgetary institution of the public agrochemical service «Permsky»; Russia 614065, Perm, Promyshlennaya St. 83; rmv@mail.ru

УДК 004:528.91+504.064.36:502

#### Геоинформационные технологии в агрохимическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения

*Н.М. Мудрых, И.А. Яшинина*

Статья посвящена методам агрохимического мониторинга почв. Использование ГИС-технологий в оценке плодородия почвы дает точную картину варьирования агрохимических показателей почвы, что позволяет рационально и эффективно применять удобрения.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, мониторинг, плодородие, агрохимические показатели, почвы

Развитие технических и информационных инноваций ставит перед экономикой нашей страны определённый круг задач, от решений которых будет зависеть положение и роль России в будущем. Вступление России во Всемирную торговую организацию может губительно сказаться на сельском хозяйстве, по крайней мере, в том состоянии, в котором оно сейчас находится.

Важным фактором развития экономики является использование ресурсосберегающих технологий. В сельском хозяйстве это позволит отрасли выйти на качественно новый уровень производства, который позволит российским сельхозпроизводителям конкурировать с иностранными предприятиями. Одним из базовых элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является «точное земледелие», которое базируется на использовании ГИС-технологий. Использование «точного земледелия» направлено на управление продуктивностью посевов сельскохозяйственных культур с учётом внутривидовой вариативности среды обитания растений. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии ресурсов.

---

© Мудрых Н.М., Яшинина И.А., 2015

**Мудрых Наталья Михайловна**, к. с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. Д.Н. Прянишникова; Россия 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская 23; nata020880@hotmail.com

**Яшинина Ирина Андреевна**, магистрант 2 курса магистратуры Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. Д.Н. Прянишникова; Россия 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская 23; nata020880@hotmail.com

Технология точного земледелия построена именно на оценке пространственно-временной неоднородности сельскохозяйственных полей с использованием современных геоинформационных технологий. Поэтому первым необходимым шагом при переходе на новую технологию хозяйствования является объективная оценка вариабельности сельскохозяйственных полей, что не возможно без использования ГИС-технологий.

Традиционно обследование почвенного плодородия проводится вручную, и самое главное, без точной привязки к местности, поэтому при повторном обследовании трудно утверждать, что пробы были взяты в том же самом месте. Из этого следует, что информация, полученная таким способом, не отражают реальную картину и динамику изменения почвенных показателей на поле, что в свою очередь приводит к неверным результатам расчёта доз удобрений, и как следствие это отражается как на экономической политике хозяйства, так и на экологической обстановке.

Последние достижения науки и техники, особенно в области ГИС-технологий, позволяют выйти на качественно новый уровень обследования почв. Для агрохимического обследования «точечным» способом используется мобильные автоматизированные комплексы. Применение современных технологий позволяет получать более точные карты пространственного распределения агрохимических показателей внутри каждого поля. Особенно это важно, если речь идет о нескольких тысяч гектар. Ошибка при расчете доз удобрений при традиционном земледелии может быть очень большой, что безусловно повлияет на себестоимость, количество и качество урожая, а также на экологическую обстановку вокруг.

Ярким примером является оценка агрохимических показателей внутри одного поля при «традиционном» способе оценки плодородия почвы и «точечном» (с использованием ГИС-технологий).

Нами проведена оценка почвенного плодородия по агрохимическим показателям в пределах одного поля, размер которого составляет 6,84 га (рисунок 1(а)).

Первым этапом агрохимического обследования при «точечном» земледелия является создание электронных контуров (карт) полей с точностью, которую обеспечивает GPS-приемник. Оконтуривание полей определяет реальные границы и площади сельхозугодий с сантиметровой точностью. Измерив, площадь с помощью GPS-навигатора, установили, что реальная площадь участка составила 6,35 га, что на 7 % меньше заявленной.

При «традиционном» способе оценки плодородия почв с участка такой площадью с учетом рельефа и типа почв провели отбор 3 смешанных образцов. Анализ этих образцов характеризует весь обследуемый участок.

При «точечном» способе (с использованием ГИС-технологий), территория разделяется на участки в зависимости от рельефа, типа почв и др. Нами область исследований была разделена на 8 участков. Общее количество точек отбора по сетке составило 16 штук (рисунок 1(б)).

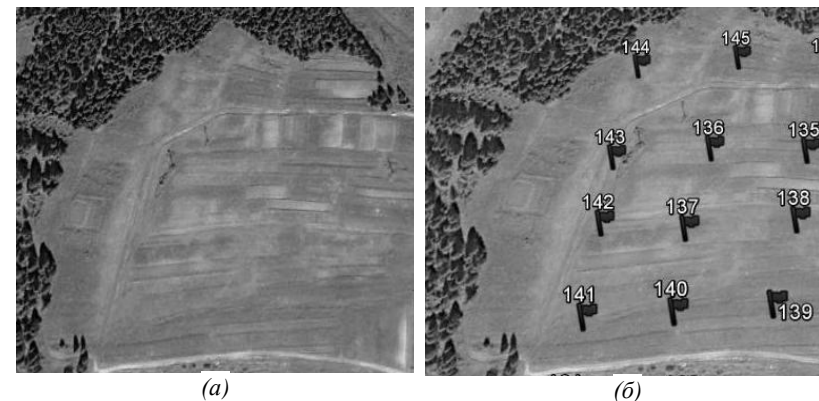


Рис 1. Объект исследований: а) общий вид поля, б) точки отбора почвенных образцов

Анализ всех отобранных почвенных образцов проводили с использованием стандартных методик.

Таблица  
**Сравнительный анализ агрохимических показателей обследуемого участка при разных методах оценки**

| Показатели                                  | Традиционный способ отбора проб |       |        | Точечный способ отбора проб (с использованием ГИС-технологий) |       |        |
|---|---------------------------------|-------|--------|---|-------|--------|
|   | Среднее                         | Min   | Max    | Среднее   | Min   | Max    |
| Гумус, %                                    | 1,12                            | 1,02  | 1,27   | 1,06  | 0,44  | 1,75   |
| pH <sub>KCl</sub>                           | 5,74                            | 5,62  | 5,83   | 5,65  | 4,88  | 6,87   |
| N <sub>мин</sub> , мг/кг почвы              | 17,79                           | 15,04 | 19,28  | 16,90   | 6,64  | 28,81  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы | 70,26                           | 43,69 | 89,37  | 69,60   | 20,53 | 141,75 |
| K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы               | 93,52                           | 58,51 | 119,11 | 90,40   | 14,83 | 268,91 |

Проведем сравнение полученных результатов. Анализ почвенных образцов показал, что при «традиционном» способе оценки качества почв на данном участке реакция близкая к нейтральной (pH<sub>KCl</sub>

= 5,7), содержание подвижного фосфора и калия среднее (соответственно 70,3 и 93,5 мг/кг почвы) (таблица).

Таким образом, на участке отсутствует необходимость известкования. Нуждаемость в повышении фосфатного и калийного уровня средняя.

Используя методику точечного отбора проб, получаем: обменная кислотность варьирует от 4,9 до 6,8, что свидетельствует о разной степени нуждаемости в известковании (от средней до отсутствия в нем). Содержание подвижного фосфора и калия также изменяется в широком диапазоне – 21-142 и 15-269 мг/кг почвы соответственно, что дает разную потребность растений в фосфорных и калийных удобрениях. Соответственно затраты на минеральные удобрения и их эффективность будет различна.

Таким образом, использование геоинформационных систем в агрохимическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения позволяет более точно оценивать почвенное плодородие и строить точные карты пространственного распределения агрохимических показателей почвы внутри каждого поля, что в последствие дает возможность рационально и эффективно применять удобрения под сельскохозяйственные культуры.

*N.M. Mudrykh, I.A. Yashinina*

### **Geoinformation technologies in the agrochemical monitoring of agricultural land**

Article is devoted to methods of agrochemical monitoring of soils. Use of GIS-technologies in an assessment of fertility of the soil gives a precise information of a variation of agrochemical indicators of the soil that allows to apply rationally and effectively fertilizers.

Key words: geoinformation technologies, monitoring, fertility, agrochemical indicators, soils.

**Mudrykh N.M.**, Candidate of Agricultural sciences, the associate professor of Agrochemistry Department of the Perm state agricultural academy of D.N. Pryanishnikov; Russia 614990, Perm, Petropavlovskaya St. 23; nata020880@hotmail.com

**Yashinina I.A.**, Graduate student of the 2th course of the Perm state agricultural academy of D.N. Pryanishnikov; Russia 614990, Perm, Petropavlovskaya St. 23; nata020880@hotmail.com

УДК 910.1

### **ГИС в территориальном планировании (на примере Индустриального района г. Перми)**

*К.А. Нифонтова*

В статье описана попытка изучения планировочной структуры (как одного из аспектов территориального планирования) Индустриального района г. Перми с помощью ГИС-технологий.

Ключевые слова: территориальное планирование, планировочная структура, ГИС-технологии

Так сложилось, что на сегодняшний день уже больше половины населения мира (54% [1]) живёт в городах. Крайне важно, чтобы люди могли чувствовать себя безопасно и комфортно там, где они живут. Современный город – это сложная, динамично развивающаяся под влиянием множества факторов, система. К сожалению, стихийное развитие данной системы не может привести к удовлетворительному результату, которым является комфортный и безопасный для проживания город. Поэтому человек придумал специальные механизмы, позволяющие регулировать это развитие.

Один из этих механизмов получил название территориальное планирование. Согласно ему, оценив территорию и ресурсы, которыми она располагает, можно составить эффективный план действий по её развитию.

Территорией интереса стал Индустриальный район г. Перми, на примере которого мы обратились к одному из аспектов планирования – проблемам, стоящим перед территорией. Мы поставили перед собой цель – изучение современной планировки района. На её основе был выведен ряд задач:

- рассмотреть, как ГИС-технологии могут применяться в территориальном планировании;
- оценить современную планировочную структуру района;
- выделить проблемы, стоящие перед территорией.

В данной работе мы попытались собрать и визуализировать некую базовую информацию, характеризующую планировку района.

---

© Нифонтова К.А., 2015

**Нифонтова Ксения Алексеевна**, студентка 4 курса кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; knifontova@gmail.com

Для реализации данной задачи мы использовали возможности геоинформационных систем. Важным этапом работы стал сбор данных по объектам на территории района из различных источников, среди которых:

- космические снимки высокого разрешения (полученные с помощью сервисов Google.Earth, SAS.Планета, ArcGIS.Online),
- картографические материалы (2GIS, ArcGIS.Online),
- тестовые материалы (статьи, справки, информация с интернет-порталов).

На основе собранной информации была создана база геоданных. В её состав вошла информация по: границам районов, микрорайонов, кварталов и частных территорий; улично-дорожной сети; зданиям; паркам и водным объектам. Чтобы визуализировать полученные данные была создана схема планировки района (рис. 1).



Рис. 1. Схема планировки Индустриального района (центральная часть)

Основное же внимание было сконцентрировано на зданиях, которые являются базовой структурной единицей города, а в сочетании с улично-дорожной сетью образуют другую единицу – кварталы (рис. 2).

Некоторые кварталы за счет своей геометрически-правильной формы создают регулярную сеть. При движении от центра к окраинам границы становятся всё более произвольными. Также мы видим, что кварталы различаются по своему размеру, варьируясь от малых до огромных. Наличие последних в планировочной структуре негативно сказывается на развитии территории, поскольку структурные единицы большого размера, во-первых, усложняют ориентацию в пространстве,

во-вторых, понижают четкость городской структуры, а в-третьих, способствуют образованию нерационально используемых открытых пространств. Кварталы малого размера дают человеку больше выбора при передвижении по району, а также позволяют более рационально использовать внутриквартальное пространство.



Рис. 2. Схема расположения кварталов в Индустриальном районе (центральная часть)

Важнейшим атрибутом для зданий стало количество этажей в них. Параметр этажности позволил говорить о создании трёхмерной модели (рис. 3). Также была добавлена информация об адресах зданий и годах ввода их в эксплуатацию. Данная модель отображает здания на территории района относительно друг друга и других объектов, но не учитывает рельеф территории.



Рис. 3. Трёхмерная модель Индустриального района (фрагмент)

Основная дифференциация зданий по этажности происходит в пределах 4-х центральных микрорайонов (Балатово, Новоплоский, Ераничи, Нагорный). На других территориях преобладают малоэтажные многоквартирные дома, частные дома или здания промышленных предприятий и объектов инфраструктуры.

Таблица 1

**Распределение зданий в Индустриальном районе по этажности**

| Количество этажей | Число зданий | Количество этажей | Число зданий |
|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| 1                 | 255          | 12                | 13           |
| 2                 | 448          | 13                | 1            |
| 3                 | 160          | 14                | 11           |
| 4                 | 82           | 15                | 2            |
| 5                 | 397          | 16                | 35           |
| 6                 | 13           | 17                | 9            |
| 7                 | 4            | 18                | 1            |
| 8                 | 10           | 19                | 4            |
| 9                 | 115          | 22                | 1            |
| 10                | 45           | 24                | 1            |
| 11                | 4            | 25                | 8            |

При рассмотрении трёхмерной модели можно выделить следующие характерные черты:

Во-первых, здания разной этажности сочетаются достаточно произвольно. Здания ниже 10 этажей ещё могут формировать единый по своей структуре квартал, высотки, как правило, либо встраиваются в существующий квартал, либо образуют жилой комплекс, представляющий собой массив из нескольких домов. Во-вторых, внутри многих дворов размещаются здания ниже тех, что формируют внешний фасад квартала. В основном это школы и детские сады. В-третьих, высотные здания преимущественно строятся на главных улицах района: шоссе Космонавтов, Мира, Леонова и Карпинского.

Рассматривая параметр этажности совместно с информацией о годе ввода здания в эксплуатацию, можно выделить причину сложившегося произвольного сочетания зданий. На каждом историческом этапе перед градостроителями стояли приоритетные задачи развития территории. Для их решения проектировались здания

различные по площади и этажности, индивидуальные в архитектурном решении и типовые, что сказалось на их внешнем и внутреннем отличии.

Таким образом, в ходе работы, мы смогли сконцентрироваться на нескольких сторонах планировки района, выделить характерные черты и проблемы. Для территориального планирования, этот этап крайне важен, поскольку является основой для дальнейших решений по развитию территории. Также на основе выполненной работы мы можем подтвердить, что применение ГИС-технологий целесообразно, поскольку позволяет систематизировать и визуализировать весь объем имеющейся информации.

**Библиографический список:**

1. *The World Factbook.* URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
2. *Генеральный план Перми.* URL: <http://www.permgenplan.ru/>

**К.А. Nifontova  
GIS in urban planning  
(in the territory of the Industrial District of Perm)**

The article describes an attempt using GIS technology to study the planning structure Industrial District of Perm using GIS technology. Planning structure is part of urban planning.

Key words: urban planning, planning structure, GIS technology.

**Nifontova K.A.**, student of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; knifontova@gmail.com



## Особенности проведения полевых работ по таксации леса с использованием лидарных технологий

*М.А. Овечкин, Туомо Кауранне*

Статья посвящена оценке проведения полевых работ по таксации леса с использованием лидарных технологий. В статье рассматриваются особенности закладки пробных площадей и определения таксационных показателей в разрезе классической таксации леса.

**Ключевые слова:** лидарные технологии, таксация леса, лесоустройство, пробная площадь, воздушное лазерное сканирование, Соликамское лесничество.

С прогрессом технологий, улучшаются и оптимизируются и методы таксации леса. Так, помимо классической наземной таксации, в настоящее время активно используются дистанционные методы, включающие в себя дешифровку аэрофотоснимков, космических снимков и, как один из самых новых методов, воздушное лазерное сканирование (далее – ВЛС).

Все дистанционные методы подразумевают извлечение информации на основе зависимостей, существующих между свойствами объектов и их отображением на данных дистанционного зондирования земли (далее – ДЗЗ). При таксации леса для выявления этих зависимостей – дешифровочных признаков, проводится закладка пробных площадей.

В рамках работы МИГ, по разработке автоматизированной технологии проведения лесоустроительных работ на основе комплексирования данных космической съемки и воздушного лазерного сканирования, в 2015 году был проведен первый этап полевых работ на лесном участке Соликамского (бывшего Половодовского) участкового лесничества Соликамского лесничества

© Овечкин М.А., Туомо Кауранне, 2015

**Овечкин Максим Анатольевич**, инженер ООО «Малое инновационное предприятие «Центр космических технологий и услуг»; Россия 614990 г. Пермь, ул. Букирева 15; m.a.ovechkin@gmail.com

**Туомо Кауранне**, Лапперантский технологический университет, доктор наук, профессор; South Karelia, Finland; Skinnarilankatu 34, 53850 Lappeenranta; tuomo.kauranne@arbonaut.com

Пермского края. В ходе работ было заложено 159 пробных площадей (далее – ПП).

При таксации леса с использованием лидарных технологий закладываются ПП круглой формы с фиксированным радиусом (рис. 1). Площадка с радиусом в 5,64 м используется для учета подроста и молодняка с диаметром деревьев менее 6 см. Древостой более старшего возраста, с диаметром деревьев более 6 см, таксируют на площадке радиусом в 9 м. Если древостой слишком разрежен, и в площадь радиусом 9 метров попадает 10 или менее деревьев, то в этом случае закладывается площадь радиусом 12,62 м [5].

Закладка ПП начинается с нахождения ее географического центра. Согласно руководству для проведения полевых работ, если пробная площадь попадает на границу древостоя и из-за этого включает в себя разные возрастные классы (молодняк и спелый), центр пробной площади устанавливается в тот древостой, для которого изначально была создана пробная площадь. Если находятся объекты, созданные человеком, большие скалы, крутые спуски, в общем все то, что не нормально в изначально расположенном центре, площадь сдвигается таким образом, что ненормальный объект не будет находиться внутри площади [5]. Из 159 заложённых ПП 36% (58 ПП) были смещены. Основной причиной смещения послужило попадание ПП в не типичный участок лесного насаждения – на трелевочный волок. Также стоит отметить несоответствие типа лесорастительных условий, типа леса, преобладающей породы и других основных таксационных показателей насаждения. Данные причины, главным образом, связаны с ошибками, допущенными при проведении последнего тура лесоустройства лесничества в 2007 г [6].

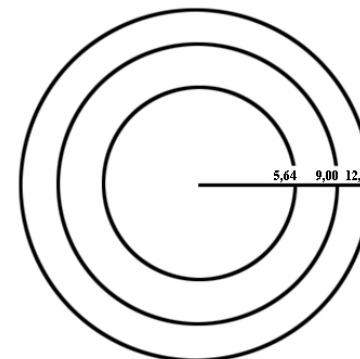


Рис. 1. Виды пробных площадей

Учет подроста и молодняка осуществляется по породам с указанием количества стволов, среднего диаметра на высоте груди,

средней высоты и возраста [5]. Главное отличие от классической таксации леса заключается в том, что в расчет принимаются не только живые, но и погибшие экземпляры. Это необходимо для выявления зависимостей с облаком точек лазерных отражений. Однако, в будущем, при дешифровке данных ВЛС такой подход может привести к системному завышению количества подроста, который является одной из основных характеристик, влияющих на назначение различных видов лесохозяйственных мероприятий [3; 4].

Сплошной пересчет деревьев диаметром свыше 6 см начинается с северного направления от центра ПП и выполняется по часовой стрелке. Все учтенные деревья нумеруются по порядку [5]. При обработке лидарных данных это позволяет идентифицировать измеренные деревья в облаке точек.

Для каждого дерева определяются следующие показатели:

- древесная порода;
- класс дерева (живое, мертвое, живое с сломанной вершиной, мертвое с сломанной вершиной, пень);
- диаметр на высоте груди (1,3 м);
- класс товарности;
- происхождение.

Одним из достоинств технологии закладки ПП является измерение диаметра дерева с точностью до 1 мм [5], тогда как классическая таксация подразумевает использование ступеней толщины – условно принятой градации толщины ствола (чаще всего используются 4-сантиметровые или 2-сантиметровые ступени толщины) [1; 2]. Повышение точности измерения диаметра положительно сказывается на качестве получаемых таксационных материалов.

Однако стоит отметить и существенный недостаток методики – определение класса товарности для отдельного дерева [5]. Данный показатель характеризует долю деловой древесины в общем запасе древостоя (количество деловых деревьев) и, следовательно, является общим показателем лесного насаждения [1; 2]. Определение класса товарности отдельного дерева не корректно и заведомо неправильно. Более рациональным будет использование категории технической годности (качества) дерева. Эта характеристика, применяемая при классической таксации отдельного дерева, делит их на деловые, полуделовые или дровяные стволы в зависимости от длины деловой части [2].

По окончании сплошного подсчета, среди живых пряморастущих деревьев, определяются модельные деревья для измерения высоты и возраста. Они выбираются на основе среднего по поперечному сечению дерева отдельно для каждой породы. В добавок к среднему дереву по поперечному сечению, выбирается одно дерево,

которое меньше среднего и одно, которое больше среднего, и они становятся модельными деревьями по высоте. Таким образом максимально могут быть выбраны 3 дерева как модельные [5].

Описанная методика подбора модельных деревьев обладает двумя недостатками. Первый недостаток носит прикладной характер и связан с расчетом среднего поперечного сечения. Из-за отсутствия технической возможности автоматического расчета, данный этап работ представляет собой довольно трудоемкий процесс. В связи с этим, полевым руководством по закладке ПП предусматривается, что среднее по поперечному сечению дерево, является примерно деревом, для которого  $2/3$  деревьев меньше и  $1/3$  больше [5]. Вторым недостатком заключается в том, что в условиях российских лесов это утверждение является весьма спорным из-за высокой сложности и многообразия лесных насаждений. Часто, из-за наличия большого количества деревьев малого диаметра, расчетное среднее поперечное сечение не является фактическим для заложенной ПП. Примером могут служить такие типы леса как сосняки зеленомошники и черничники с наличием крупного подроста или второго яруса из ели и пихты. Обе этих проблемы можно решить посредством разделения древостоя на отдельные ярусы и возрастные поколения [1; 2], а также разработкой и использованием цифровой ведомости ПП в виде мобильного приложения.

Последним показателем, определяемым на ПП, является класс бонитета. В таксации леса бонитет является показателем продуктивности лесного насаждения. Определение класса бонитета происходит по бонитировочной шкале, отражающей зависимость средней высоты от среднего возраста. В классическом варианте таксации леса для этого используют показатели преобладающей породы [1; 2], тогда как при полевых работах по закладке ПП для таксации леса с использованием лидарных технологий бонитет определяется по всем измеренным модельным деревьям [5]. В связи с этим существует вероятность занижения или завышения класса бонитета. Занижение бонитета будет происходить при использовании в качестве моделей угнетенных и отстающих в росте деревьев, расположенных под пологом леса. Завышение бонитета будет происходить в случае использования моделей деревьев быстрорастущих лиственных пород, не преобладающих на ПП и в насаждении. Погрешность в определении класса бонитета можно устранить посредством использования для его определения модельных деревьев только преобладающей породы.

По итогам проведения полевых работ по таксации леса с использованием лидарных технологий можно сделать вывод о том, что методика нуждается в переработке и приведения ее в соответствие с правилами определения таксационных показателей согласно

действующей лесоустроительной инструкции. Для эффективного использования лидарных технологий необходимо разработать и внедрить цифровую ведомость ПП в виде мобильного приложения с возможностью автоматического подбора модельных деревьев и расчета класса бонитета. Среди учитываемых на ПП таксационных показателей отсутствует определение запаса захламленности, который является обязательным в классической таксации леса. Данное несоответствие нужно устранить. Измерения на ПП проводятся с более высокой точностью чем при классической таксации леса, что свидетельствует о потенциальном улучшении качества и точности таксации леса.

*Проект финансируется из средств гранта Министерства образования и науки Пермского края № с-26.1004.05 от 12.01.2015*

#### **Библиографический список**

1. *Лесоустроительная инструкция. Москва, 2011 – 55 с.*
2. *Общесоюзные нормативы для таксации лесов. Москва, 1989 – 375 с.*
3. *Правила заготовки древесины. Москва, 2011 – 28 с.*
4. *Правила ухода за лесами. Москва, 2007 – 60 с.*
5. *Руководство для полевых работ. Пермь, 2015 – 11 с.*
6. *Таксационное описание. Соликамское участковое лесничество (б.Половодовское-часть). Соликамское лесничество. Пермь. 2007 – 599 с.*

***M.A.Ovechkin, Tuomo Kauranne***

#### **Features fieldwork for forest inventory using lidar technology**

The article is devoted to the evaluation of the field work of forest inventory using lidar technology. The article considered features measurement test area and of forest indicators rates in the context of classical forest inventories.

**Key words:** lidar technology, forest evaluation, forest inventory, the test area, airborne laser scanning, Solikamsk forestry.

**Ovechkin M.A.**, engineer Ltd «Small innovative enterprise «Space technology and services center»; Russia 614990, Perm, Bukireva 15 st.; m.a.ovechkin@gmail.com

**Tuomo Kauranne**, Doctor of Technical Science, Lappeenranta University of Technology, South Karelia, Finland; Skinnarilankatu 34, 53850 Lappeenranta; tuomo.kauranne@arbonaut.com

УДК 630.181:614.842

#### **Внедрение ИАС «Лесной диспетчер Пермского края»**

*Д.В. Поливедкин, А.В. Терентьев, Д.А. Шевелев  
А.И. Пономарчук, А.В. Кедров*

В статье представлена ИАС «Лесной диспетчер Пермского края», предназначенная для мониторинга лесопожарной обстановки и организации работ по ликвидации лесных пожаров на территории Пермского края. Описаны структура и интерфейс системы, состав и особенности подготовки пространственных данных.

**Ключевые слова:** лесной пожар, мониторинг, Веб-сервис, геоинформационная система, пожарная опасность, ликвидация пожаров

#### **Введение**

Ликвидация лесных пожаров является важнейшей задачей, успешность решения которой напрямую зависит от качества информационного обеспечения служб, организующих работы по тушению лесных пожаров. Для принятия оперативных решений необходим совместный анализ всей совокупности геопространственных данных – местоположение и параметры очага,

---

© Полшведкин Д.В., Терентьев А.В., Шевелев Д.А., Пономарчук А.И., Кедров А.В., 2015

**Полшведкин Дмитрий Викторович**, и.о. директора ГБУ РК «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Республики Коми»; Россия 167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Южная, 8; d-polshvedkin@agiks.ru

**Терентьев Алексей Витальевич**, к.г.-м.н., зам. директора ГБУ РК «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Республики Коми»; Россия 167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Южная, 8; a-terentyev@agiks.ru

**Шевелев Дмитрий Александрович**, ведущий эксперт отдела картографии ГБУ РК «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Республики Коми»; Россия 167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Южная, 8; d-shevelev@agiks.ru

**Пономарчук Алексей Иванович**, к.ф.-м.н., доцент кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; aponomarchuk@psu.ru

**Кедров Александр Владимирович**, заместитель директора ООО «Малое инновационное предприятие «Центр космических технологий и услуг»; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева 15; kedalex@gmail.com

особенности местности, лесохозяйственные характеристики участка возгорания, транспортная доступность, сведения и размещении сил и средств пожаротушения и многое другое.

Разработка информационно-аналитической системы «Лесной диспетчер Пермского края» (далее Система) предпринята по инициативе Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края с целью информационной поддержки СГБУ «Пермский лесопожарный центр» – организации, координирующей работы по тушению лесных пожаров на территории Пермского края. Разработчиком Системы является Государственное бюджетное учреждение Республики Коми «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Республики Коми» (<http://www.agiks.ru>), подготовку общегеографических, лесохозяйственных и иных пространственных данных обеспечил ГИС центр Пермского государственного национального исследовательского университета (<http://gis.psu.ru>).

#### **Состав и структура информационно-аналитической системы**

**Общее описание.** На основе положительного опыта Республики Коми по созданию и внедрению информационно-аналитической системы прогнозирования, мониторинга лесопожарной обстановки и ликвидации лесных пожаров, в 2015 году разработана ИАС «Лесной диспетчер Пермского края». Система представляет собой геоинформационный Веб-сервис со специализированными инструментами поиска и обработки пространственной и семантической информации, включая базовые и отраслевые пространственные данные, а также оперативную лесопожарную информацию.

Система обеспечивает автоматизацию процедур сбора, хранения, обработки и оперативного представления в пользование информации о лесопожарной обстановке на территории Пермского края. В основу функциональности Системы легли показатели, используемые при принятии решений в пожароопасный период. Реализованы алгоритмы построения пространственных распределений показателей на всю территорию региона – так, чтобы в момент действия пожара службы реагирования были информированы на предмет его специфики: расположение пожара, его площадь, расстояние до ближайшего населенного пункта или потенциально опасного объекта, плотность населения, класс пожароопасности лесного покрова, погодные условия в месте возгорания, силы и средства для ликвидации и др. Обработываемая информация включает сведения из различных источников: результаты наземного и

авиационного обследования, характеристики природной среды, текущие метеоусловия, данные Сводного плана тушения пожаров и др. Реализована возможность наблюдения местоположения вероятных очагов на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса. В Системе автоматически формируются паспорта пожаров, содержащие их основные параметры и являющиеся критериями для принятия решения о частичном тушении или прекращении тушения пожаров.

Мобильное приложение Системы предназначено для обеспечения деятельности летчиков–наблюдателей при выполнении авиационного патрулирования и сбора оперативных сведений.

**Организационно-технологический аспект.** Система построена на основе клиент-серверной архитектуры. Среди основных компонентов можно выделить следующие:

- Сервер баз данных;
- Хранилище геоданных;
- ГИС-сервер;
- Веб-сервер;
- Модули интеграции со смежными информационными системами.

В качестве СУБД используется Microsoft SQL Server, в качестве геоинформационного сервера – ArcGIS Server (ESRI). Архитектура подсистемы обеспечивает возможность доступа большого числа пользователей к ГИС на единой программно-аппаратной платформе через Веб-интерфейс (не предъявляет требований по установке на рабочее место пользователя дополнительного программного обеспечения), а также не ограничивает последующее наращивание функциональных возможностей в зависимости от изменения состава задач профильного потребителя.

Для расширенного пространственного анализа данных используются специализированные модули ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Spatial Analyst.

**Потребители данных.** Основными потребителями Системы являются профильные организации, а также руководство Пермского края (рис. 1):

- СГБУ «Пермский лесопожарный центр»;
- Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края;
- Лесничества Пермского края;
- ФКУ ЦУКС ГУ МЧС России по Пермскому краю.
- Губернатор Пермского края;
- Администрация Губернатора Пермского края.

**Интерфейс Системы, функциональность.** Одним из важнейших требований к пользовательскому интерфейсу является простота и удобство использования. Система должна выполнять свою основную функцию: предоставлять возможность пользователю осуществлять отображение зарегистрированных очагов пожаров на карте и получать характеристику пожаров на основании запросов. При проектировании учитывались согласованность отдельных блоков интерфейса, минимальное количество действий, необходимых для выполнения задач и уровней в иерархии меню. Интерфейс системы представлен в виде следующих отдельных функциональных модулей. Ниже кратко описаны основные компоненты интерфейса Системы.



Рис.1. Схема функционирования ИАС «Лесной диспетчер Пермского края»

**Графический обозреватель.** В качестве картографической основы (базовых пространственных данных) используются цифровые карты Пермского края масштабов 1:1 000 000–1:100 000, а также композиты спутниковых изображений поверхности Земли, интегрируемые посредством картографических сервисов ИТЦ «Сканэкс» и ArcGIS Online (ESRI).

Широко представлены тематические пространственные данные, это информация по лесному хозяйству, противопожарному обслуживанию, особо охраняемым природным территориям, классам пожарной опасности по лесорастительным условиям, плотности населения, буферным зонам вокруг населенных пунктов и др. Атрибутивные данные о пространственных объектах отражают их свойства, адресную и контактную информацию. Пользователь имеет возможность независимо управлять видимостью тематических данных.

В Системе реализованы все необходимые базовые функции ГИС: навигация и масштабирование, идентификация объектов на

карте, расчет расстояний и площадей, определение координат и др. Необходимо отдельно отметить функции, важные для диспетчера – возможность перемещения по карте путем ввода координат и определение координат точки, указанной на карте. В Системе реализовано также добавление собственных закладок, позволяющих запомнить место на карте и выполнить быстрый переход к нему, с возможностью их использования в последующих сеансах работы.

**Модуль управления отображением данных.** В Системе реализована возможность формирования точечного класса пространственных объектов, соответствующих зарегистрированным очагам пожаров. Позиционирование объектов на карте и оперативная информация формируется на основе описаний зафиксированных пожаров из базы данных, заполняемой диспетчерами СГБУ «Пермский лесопожарный центр».

Очаги возгораний отображаются на карте специальными условными знаками, соответствующими одному из трех возможных статусов пожара: действующий, локализованный, ликвидированный.

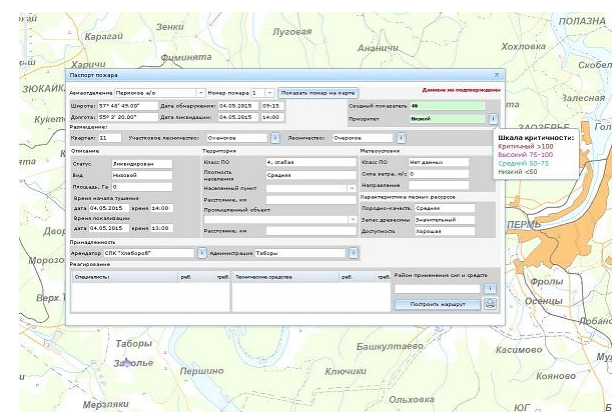


Рис.2. Паспорт пожара

**Паспорт пожара.** Отображение паспорта пожара происходит в окне карты при нажатии на символ пожара и представляется в самостоятельном диалоговом окне (рис. 2). В Паспорте пожара автоматически формируются основные параметры конкретного пожара, являющиеся критериями для Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края и СГБУ «Пермский лесопожарный центр» по принятию решения о частичном тушении или прекращении тушения лесных пожаров. Помимо оперативной информации в Паспорте отображаются тематические данные, соответствующие местоположению пожара.

Сведения Паспорта упорядочены в отдельных тематических

разделах. В частности, в Паспорте предоставляется следующая информация:

- дата обнаружения/ликвидации;
- статус пожара;
- вид пожара;
- площадь пожара;
- время начала/окончания тушения;
- номер квартала, наименование лесничества и участкового лесничества, контактная информация;
- класс пожарной опасности территории в зависимости от лесорастительных условий;
- плотность населения;
- ближайшие населенные пункты и расстояния до них;
- ближайшие промышленные объекты и расстояния до них;
- метеоусловия в месте возгорания;
- арендатор, контактная информация;
- породно-качественная характеристика леса;
- транспортная доступность;
- район применения сил и средств;
- пункты реагирования.

В Паспорте пожара приводится также контактная информация о лесничестве, участковом лесничестве и администрации поселения на территориях которого происходит пожар; сведения о близкорасположенных населенных пунктах и опасных промышленных объектах, а также расстояниях до них.

Напрямую из Паспорта пожара пользователь может в автоматическом режиме определить ближайшие пункты реагирования, построить маршрут движения по существующим дорогам с определением расстояния и времени движения. Важной составляющей Паспорта является расчет сводного показателя, определяющего уровень критичности пожара и позволяющего провести его сравнение с другими действующими пожарами, а также определить его место в общем списке.

**Список действующих пожаров.** В Системе существует возможность формирования списка пожаров. Список включает все пожары, действующие на текущий момент времени, упорядоченные в соответствии со значением сводного показателя (уровня критичности) или площади пожара. Данная функция позволяет оперативно оценить текущую пожароопасную обстановку и выделять наиболее опасные пожары, не прибегая к использованию карты.

**Спутниковые данные.** В Системе предусмотрена возможность отображения на карте в виде точек мест возможных очагов возгораний и пожароопасных ситуаций, получаемых на основе анализа и

обработки данных дистанционного зондирования Земли. В качестве источника данных используется геосервис ИТЦ «Сканэкс». Пользователь может увидеть географические координаты, дату обнаружения, вероятность соответствия данной точки фактическому возгоранию.

**Управление временем.** В Системе предусмотрена функция, позволяющая отображать на карте состояния пожароопасной обстановки на дату или период времени, определенные пользователем. Пользователь может задать начало и окончание интересующего периода. Минимальный период времени может составлять 1 сутки, максимально возможный период ограничивается началом пожароопасного сезона в текущем году.

**Метеоданные.** В Системе реализована возможность обработки и представления информации о погодных условиях. Данные включают температуру воздуха, температуру точки росы, направление и силу ветра, количество выпавших осадков, предоставляемых с периодичностью 3 часа.

Функция обеспечивает отображение указанных данных на карте в соответствии с размещением метеостанций. Дополнительно реализована возможность расчета класса пожарной опасности в зависимости от метеоусловий и формированию непрерывного покрытия теоретического распределения данной величины на всю территорию края.

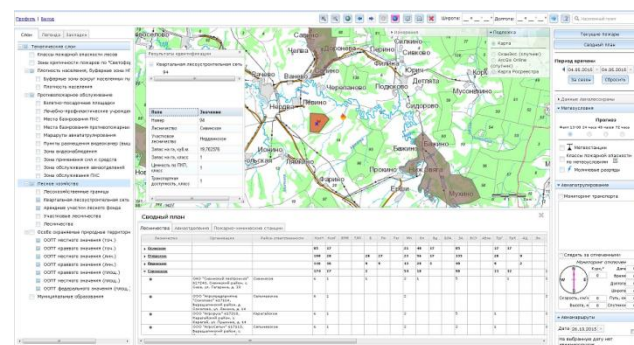


Рис.3. Силы и средства для борьбы с пожарами

**Силы и средства.** Пользователь имеет возможность получать сведения о составе лесопожарных формирований, а также силах и средствах, которые могут привлекаться для борьбы с лесными пожарами (рис. 3). Источником информации является Сводный план тушения лесных пожаров на территории Пермского края. Пользователь может определять на карте районы ответственности лесопожарных формирований, получить сведения об организациях, которые могут

принимать участие в тушении и ликвидации лесных пожаров, и наличии человеческих ресурсов, техники, оборудования и дополнительных средств для осуществления тушения.

**Мониторинг подвижных объектов.** С целью навигационного обеспечения в Системе реализовано отображение фактических положений подвижных объектов на карте в реальном режиме времени, а также пройденных путей (треков) на основе технологий ГЛОНАСС/GPS. Пользователь имеет возможность просмотра информации о цели полета воздушных судов и навигационных характеристиках: дата, время, курс, текущие координаты, скорость, высота, пройденный путь, количество используемых спутников.

**Построение авиационных маршрутов.** Дополнительно предусмотрена возможность построения маршрутов для воздушных судов, с возможностью просмотра информации о цели полета, дате, времени начала и окончания полета, времени в пути, средней скорости, просмотра информации по всем планируемым маршрутам на выбранную дату, а также детальной информации по выбранному маршруту.

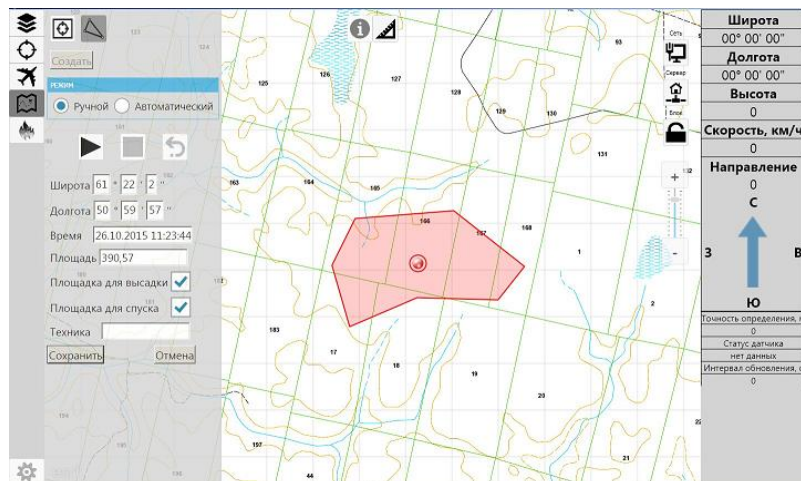


Рис.4. Общий вид интерфейса мобильного приложения

**Мобильное приложение.** Целью разработки мобильного приложения являлось информационно-аналитическое и картографическое обеспечение деятельности летчиков-наблюдателей при выполнении авиационного патрулирования при помощи мобильных устройств (планшетных компьютеров). Основные функции мобильного приложения это:

- Автономное картографическое обеспечение;

- Навигационное приложение;
- Фиксация местоположений и контуров обнаруженных пожаров;
- Ввод атрибутивной информации;
- Запись трека.

Общий вид интерфейса приложения представлен на рис.4. За счет синхронизации данных с центральной Системой, обеспечивается эффективный сбор оперативных данных. Летчики-наблюдатели могут оценивать изменения обстановки непосредственно при выполнении летных заданий.

**Эффективность.** В Республике Коми Система широко используется, начиная с 2012 г. Эффективность ее применения подтверждается работниками лесопожарной служб и уполномоченных органов исполнительной власти Республики Коми. Использование Системы способствует снижению времени на обнаружение и ликвидацию лесных пожаров, повышению оперативности информирования и управляемости процессов реагирования.

**Доступ к Системе.** В Системе предусмотрены закрытый и открытый сегменты. Последний доступен по адресу <http://gis.rkomi.ru/fires59>.

#### Состав и структура пространственных данных

Визуальное отображение оперативной обстановки по лесным пожарам включает топографические и тематические данные – геопространственные слои, покрывающие территорию Пермского края. Информация общего назначения включает:

- Топографическое покрытие в масштабе 1:1 000 000;
- Топографическое покрытие в масштабе 1:100 000;
- Плотность населения по итогам переписи 2010 года;
- Административно-территориальное деление Пермского края (включая границы муниципальных районов и поселений, коды ОКАТО, телефоны руководителей, факсы и адреса местных администраций).

Тематические данные включают следующие блоки информации: обобщенные показатели пожарной опасности (в частности, «светофорная схема» учитывает класс пожарной опасности квартала, удаленность от населенных пунктов и промышленных объектов); пространственную конфигурацию объектов и подразделений противопожарного назначения (включая зоны контроля и маршруты авиатрулирования); особо охраняемые природные территории и данные лесохозяйственного назначения (подробно описаны в следующем разделе статьи). Перечень слоев тематических данных включает:

- Зоны критичности пожаров по «Светофорной схеме»;
- Буферные зоны вокруг населенных пунктов, плотность населения;
- Взлетно-посадочные площадки;
- Лечебно-профилактические учреждения;
- Места базирования ПХС III типа;
- Места базирования противопожарных формирований;
- Маршруты авиапатрулирования;
- Пункты размещения видеокамер и зоны видеонаблюдения;
- Зоны применения сил и средств;
- Зоны обслуживания авиаотделений;
- Зоны обслуживания ПХС III типа;
- ООПТ федерального и краевого значения.

Данные лесохозяйственного назначения:

- Породно-качественные характеристики кварталов;
- Лесохозяйственные границы;
- Квартальная лесоустроительная сеть;
- Арендные участки лесного фонда;
- Участковые лесничества и лесничества.

Для подсистемы ввода оперативной информации отдельно созданы слои центров и условных границ действующих населенных пунктов с указанием принадлежности к муниципальному поселению и району, кода ОКТМО (Общероссийский классификатор территорий муниципальных образований, введен в действие с 01.04.2014 г.) и типа населенного пункта. Данная работа потребовала инвентаризации нескольких тысяч населенных пунктов.

### Пространственные данные лесохозяйственного назначения

**Квартальная сеть.** Это основной слой для данных лесохозяйственного назначения, т.к. лесной квартал (участок местности, ограниченный квартальными просеками или естественными рубежами) является постоянной организационно-учетной и хозяйственной единицей в лесу. Работы по созданию слоя квартальной сети Пермского края проведены ГИС-центром ПГНИУ еще в 2009 году, но в связи отсутствием качественных исходных данных на тот период и произошедшими впоследствии изменениями созданный продукт не мог быть использован в Системе. В результате реорганизаций лесничеств Пермского края в 2012 году сельские леса были объединены с лесами государственного лесного фонда, изменилось количество лесничеств ([1], из 33 осталось 28) и их территориальные границы, часть приграничных кварталов оказалась разделенной на отдельные части и т.п. Вновь созданы границы более

40 тысяч кварталов, с наполнением их таксационными характеристиками.

В качестве исходной информации использованы действующие на 2015 год поквартальные карты-схемы лесничеств масштаба 1:100 000 и лесохозяйственные регламенты лесничеств Пермского края [2]. Координатная привязка карт-схем осуществлялась на основе ортотрансформированной мозаики космических снимков LANDSAT (разработка ООО МИП «ЦКТиУ») средствами ArcGIS. В процессе распознавания границ квартальной сети проведена корректировка границ и устранение ошибок карт-схем. Значительную проблему представила идентификация лесных кварталов по их принадлежности к лесничествам и участковым лесничествам. После реорганизации 2012 года из существующих картографических материалов исчезла информация о принадлежности кварталов к бывшим сельским лесам (колхозам и совхозам), в результате чего возникли множественные дублирования номеров кварталов (до 15), включенных в одно и то же участковое лесничество. Неоднозначности в номерах кварталов устранялись путем организации запросов в лесничества.

Итогом проведенной работы является оцифрованный с высокой точностью слой границ лесных кварталов и схема их идентификации, учитывающая региональные особенности. Данный слой относительно статичен во времени (квартальная сеть меняется в крайних случаях), поэтому его дальнейшая корректировка может идти за счет повышения точности привязки.

**Породно-качественные характеристики кварталов.** Слой представляет собой квартальную лесоустроительную сеть с расширенным набором атрибутов, содержащим информацию о таксационных характеристиках лесных кварталов. В частности, слой включает следующие характеристики:

1) *Средний запас в квартале* определялся как частное от общего запаса и площади квартала

2) *Средний класс пожарной опасности* для каждого квартала взят из действующих лесохозяйственных регламентов лесничеств. В свою очередь эти значения были рассчитаны как средневзвешенные по площади квартала по классам пожарной опасности лесных выделов. Последние определены согласно действующим нормативным требованиям [3].

3) *Ценность по породно-качественным показателям* является сводным показателем на основе трех параметров, рассчитываемым по формуле:

$$\text{AMOUNT} = \text{MLK} + \text{U} + \text{KPLK},$$

где MLK –запас на гектар (класс);

U – средний объем ствола в коре (класс). Определялся через



соотношение характеристик каждого элемента леса на выделном уровне с сортиментными и товарными таблицами для Предуральяского равнинного района, с учетом таких параметров, как преобладающая порода, средний диаметр и высота. Итоговая величина является значением, средневзвешенным по площади квартала;

KPLK – показатель отношения пород на квартал (класс), определяемый процентным соотношением запасов хвойных пород к лиственным (если до 30% – лиственные породы, 30-70% – смешанные, более 70% – хвойные).

4) **Транспортная доступность** (класс) определяется через расстояние от центра квартала до ближайшей дороги: 1 – хорошая (до 5 км), 2 – средняя (от 5 до 10 км), 3 – плохая (свыше 10 км).

Сформированный слой непосредственно связан с таксационными характеристиками древостоев и должен обязательно корректироваться при обновлении материалов лесоустройства для того или иного лесничества.

5) **Арендные участки лесного фонда** – наиболее динамичный слой данных, отображающий текущую арендную ситуацию.

Слой включает основную информацию об арендаторе лесного участка, в т.ч. документы об арендуемом участке и контактные данные для связи с руководством. Ввиду отсутствия информации выделного уровня учтены только договора аренды по участкам не менее одного лесного квартала. Информация предоставлена Министерством природных ресурсов, экологии и лесного хозяйства Пермского края, и ввиду частых изменений требует обязательного ежегодного обновления.

#### **Выводы**

До конца текущего года Информационно-аналитическая система «Лесной диспетчер Пермского края» будет принята в промышленную эксплуатацию и уже в предстоящем пожароопасном сезоне 2016 г сможет в ежедневном режиме обеспечивать мероприятия по обнаружению и ликвидации лесных пожаров. Консолидация данных в одном месте и накопление исторической информации о пожарах позволит повысить общую эффективность служб, обеспечивающих противопожарную защиту лесов Пермского края.

#### **Библиографический список**

3. Приказ Рослесхоза от 29.07.2011 № 335 «Об определении количества лесничеств на территории Пермского края и установлении их границ».

4. Приказ Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края от 25.12.2013 № СЭД-30-01-02-1721 «Об утверждении Лесохозяйственных регламентов лесничеств Пермского края».

5. Приказ Рослесхоза от 05.07.2011 № 287 «Классификация природной пожарной опасности лесов». Приложение № 1.

**D.V. Polshvedkin, A.V. Terentyev, D.A. Shevelev**

**A.I. Ponomarchuk, A.V. Kedrov**

### **The introduction of Spatial Decision Support System**

#### **«Forest Controller of the Perm region»**

The article presents SDSS «The Forest Controller of the Perm region» destined for monitoring the forest fire situation and elimination of forest fires in the Perm region. The structure and interface of the system, the composition and characteristics of spatial data have been described.

Key words: forest fire, monitoring, web services, geographic information system, fire danger, fire suppression.

**Polshvedkin D.V.**, Director, State Institution «Territorial Fund of Information for Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic»; Russian Federation 167000, Komi Republic, Syktyvkar, Yuzhnaya str., 8; d-polshvedkin@agiks.ru

**Terentyev A.V.**, candidate of Geology-mineralogical sciences

Deputy Director, State Institution «Territorial Fund of Information for Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic»; Russian Federation 167000, Komi Republic, Syktyvkar, Yuzhnaya str., 8; a-terentyev@agiks.ru

**Shevelev D.A.**, leading expert of cartography department, State Institution «Territorial Fund of Information for Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic»; Russian Federation 167000, Komi Republic, Syktyvkar, Yuzhnaya str., 8; d-shevelev@agiks.ru

**Ponomarchuk A.I.**, candidate of physico-mathematical sciences, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; aponomarchuk@psu.ru

**Kedrov A.V.**, deputy director Ltd «Small innovative enterprise «Space technology and services center»; Russian 614990 Perm, st. Bukireva 15; kedalex@gmail.com

## Картографический анализ качества и уровня жизни населения Пермского края

*Я.Р. Полякова, Н.В. Бажукова*

Применение ГИС-технологий для анализа и оценки качества и уровня жизни населения Пермского края.

Ключевые слова: качество и уровень жизни населения, ГИС-технологии, картографический анализ, социальная и экономическая ситуация.

В России проблема повышения качества и уровня жизни населения является одной из стратегических задач, требующих решения. Изменение параметров качества и уровня жизни можно рассматривать как важнейший критерий оценки результативности деятельности региональной администрации.

Анализ научной литературы по вопросам качества и уровня жизни свидетельствует о многообразии определений этих понятий, многовариантность отражает разнообразие подходов к их исследованию.

Качество жизни - это системное понятие, определяемое единством его компонентов: самого человека как биологического и духовного существа, его жизнедеятельности и условий, в которых протекает жизнь [1].

Уровень жизни — это уровень благосостояния населения, потребления благ и услуг, совокупность условий и показателей, характеризующих меру удовлетворения основных жизненных потребностей людей [2].

В научной литературе можно найти серьезные попытки методик оценки через создание определенных систем

показателей качества и уровня жизни населения.

Исходя из сложности исследуемых объектов, большого числа анализируемых показателей, можно утверждать, что здесь необходим не один, а целый комплекс методов исследования: статистических, социологических, экономико-математических, географических (в том числе, картографических).

Качество и уровень жизни населения важно оценивать, привлекая во внимание особенности формирования, в которых они развиваются, например: природные условия, демографическая ситуация. В то же время на качество и уровень жизни влияют экономические условия и социальное развитие. Наиболее существенными факторами, которые могут кардинально влиять на изменение уровня жизни населения, являются политические факторы.

Изучение понятия уровня и качества жизни населения позволило определить какие критерии дают более полную их оценку.

Оценка качества жизни населения основана на расчете интегрального показателя (методика Е.А. Мосяжиной), отражающего основные аспекты качества жизни населения: качество населения, уровень благосостояния населения, качество трудовой жизни, обеспечение населения комфортным жильем, здравоохранение, безопасность населения, качество экологической системы [3].

В результате проведенной оценки было выделено 5 рангов, характеризующих качество жизни населения в Пермском крае: низкий (менее 0,20), ниже среднего (0,21 – 0,40), средний (0,41 – 0,60), хороший (0,61 – 0,80), высокий (0,81 – 1,00).

Картографический анализ показал, что средний уровень качества жизни характерен для населения, проживающего в городах Березники и Кудымкар, Чернушинском, Чердынском, Ординском, Кочевском, Кунгурском, Уинском, Куединском, Большесосновском, Сивинском, Чайковском, Ильинском районах Пермского края, а низкий уровень у населения Красновишерского района. Районов с высоким уровнем качества жизни населения выявлено не было (рис.1).

Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) является экономическим индексом, применяемым для характеристики уровня жизни [1]. В зависимости от значения ИРЧП муниципальные районы классифицировали по уровню жизни: высокий (0,81-1), средний (0,51-0,8) и низкий (менее 0,5) уровень.

Анализируя карту уровня жизни населения (рис.2), был выявлен средний уровень жизни населения в городах Пермь, Березники, Кудымкар, Соликамск, Лысьва, Кочевского, Осинского, Карагайского, Чайковского, Очерского, Добрянского, Пермского, Горнозаводского, Чернушинского, Частинского, Красновишерского, Нытвенского, Уинского, Кишертского, Гайнского районах Пермского края, а низкий уровень в г.Губаха, Соликамском, Ильинском,

© Полякова Я.Р., Бажукова Н.В., 2015

**Полякова Яна Рафаиловна**, магистрант 1 курса магистратуры кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; yana.poljakova@gmail.com

**Бажукова Наталья Валерьевна**, к. г. н., доцент кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; bazhukova.nv@mail.ru

Кудымкарском, Чердынском, Юсьвинском, Оханском, Кизеловском, Юрлинском и др. районах Пермского края.

Рассматривая коэффициенты корреляции между уровнем и качеством жизни населения Пермского края, можно говорить о прямом влиянии уровня на качество жизни населения. Было выявлено, что максимальное влияние прослеживается в районах с высокими значениями качества жизни и уровня жизни населения (рис.4)

Для анализа и оценки уровня и качества жизни населения Пермского края нами была создана серия из 26 карт, с помощью программного продукта ArcGIS: интегральный показатель качества жизни населения, интегральный показатель уровня жизни населения; карты частных компонентов качества жизни населения (качество населения, уровень благосостояния населения, качество трудовой жизни, обеспечение населения комфортным жильем, здравоохранение, безопасность населения, качество экологической системы); отдельные (покомпонентные) карты характеристик качества населения, характеристик уровня благосостояния населения, уровня безработицы, обеспечения населения комфортным жильем, уровня здравоохранения, безопасности населения и экологической ситуации Пермского края (рис.3).

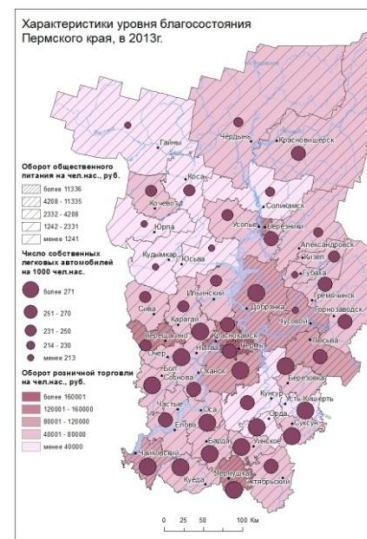


Рис.3. Карта качества жизни населения

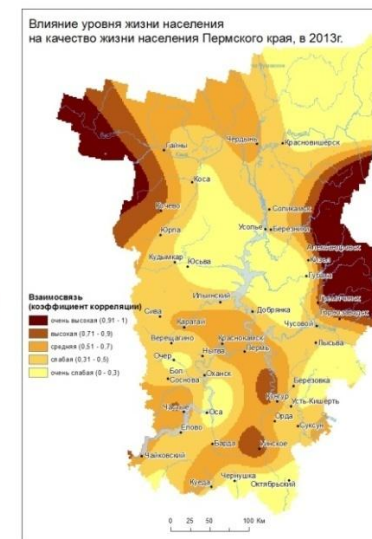


Рис.4. Карта качества жизни населения

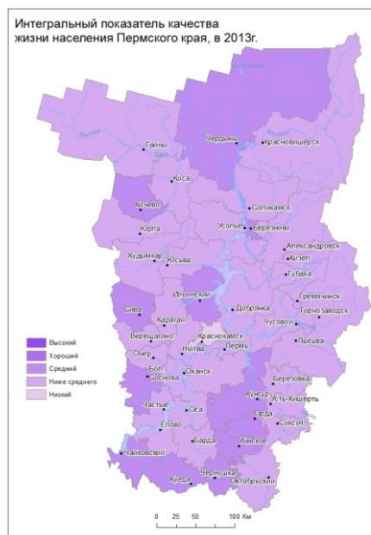


Рис.1. Карта качества жизни населения

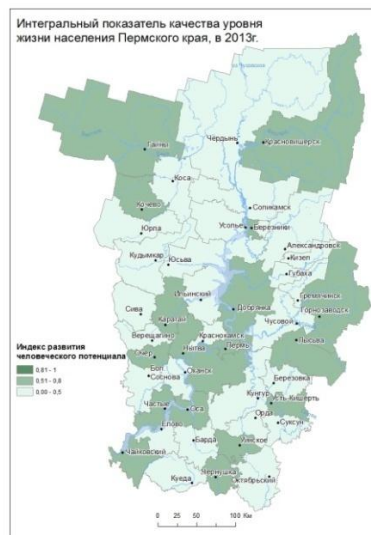


Рис.2. Карта уровня жизни населения

Благодаря проведенному картографическому анализу качества и уровня жизни населения Пермского края можно выявить территории, которые нуждаются в решении проблем социального характера.

### Библиографический список

1. Васильев, В.П. Качество и уровень жизни населения Российской Федерации. - М.: ЭКОС, 2007. - 117 с.
2. Мироедов, А.А. Качество жизни в статистических показателях социально-экономического развития // Вопросы статистики. М.: 2008. - N 12. - С. 53-58.
3. Мосякина Е.А. Методический подход к оценке качества жизни населения//Теория и практика общественного развития. Тюмень: 2014.- N 4.-221-225.

*I.R.Poliakova, N. V.Bazhukova*  
**Cartographic analysis of the quality and living standards in Perm region**

The use of GIS technology for analysis and evaluation the quality and living standards in Perm region.

Key words: the quality and living standards, GIS technology, cartographic analysis, social and economic situation.

**Poliakova I.R.**, Graduate student of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; yana.poljakova@gmail.com,

**Bazhukova N.V.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; bazhukova.nv@mail.ru

УДК 528.88

**Использование Open Big Data для оперативного мониторинга чрезвычайных ситуаций в паводковый период**

*С.В. Пьянков, И.Г. Долгих, А.Н. Шихов*

Рассматриваются подходы к организации системы мониторинга опасных гидрологических явлений на основе открытых данных дистанционного зондирования Земли и моделей прогноза погоды, описан опыт применения открытых данных в системе мониторинга прохождения половодья в Пермском крае.

Ключевые слова: опасные гидрологические явления, мониторинг, Open Big Data, космические снимки, модель WRF.

Существующая система мониторинга опасных гидрологических явлений в регионах России имеет множество недостатков. Она основана на данных редкой наблюдательной сети Росгидромета. Наблюдения производятся в точках, расположенных неравномерно по площади водосбора, в то время как процесс формирования стока протекает на водосборе в целом. В результате прогнозы и предупреждения об опасных явлениях имеют в основном качественный (не количественный) характер и невысокую точность.

Кроме данных наблюдательной сети, для мониторинга ЧС в паводковый период используются данные дистанционного зондирования Земли. Так, в МЧС РФ действует система космического мониторинга «Космоплан», а в ИТЦ «СканЭкс» для решения аналогичных задач создан Веб-картографический сервис «Космоснимки-Половодье». Однако перечисленные информационные системы не включают функции прогноза. Их функциональные возможности ограничиваются только наблюдением за фактической

---

© Пьянков С.В., Долгих И.Г., Шихов А.Н., 2015

**Пьянков Сергей Васильевич**, д.г.н., профессор, зав. кафедрой картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; ryankovsv@gmail.com

**Долгих Игорь Георгиевич**, к.т.н. заместитель директора ООО «Малое инновационное предприятие «Центр космических технологий и услуг»; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; dolgih.igor@gmail.com

**Шихов Андрей Николаевич**, к.г.н., старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; shikhovan@gmail.com

**Использование открытых данных для мониторинга ЧС в паводковый период**

| Тип данных  | Решаемые задачи   |
|---|---|
| Открытые метеоданные (фактические)  | Расчет пространственного распределения метеоэлементов, расчет интенсивности снеготаяния, испарения, поступления талых вод на водосбор, промерзания/оттаивания почвы           |
| Данные моделей прогноза погоды  | Расчет снегозапасов с высоким пространственным разрешением, прогноз снеготаяния и поступления талых вод на водосбор на срок 24-72 ч.  |
| Данные ДЗЗ в оптическом и ИК диапазоне (Terra/Aqua MODIS, SUOMI NPP, LANDSAT) | Оценка заснеженности водосбора, выявление зон затопления и возможного развития ЧС,  |
| Открытые цифровые модели рельефа SRTM, ASTER GDEM, GMTED2010                  | Моделирование процесса стекания воды с водосбора, моделирование распределения снегозапасов с высоким пространственным разрешением (downscaling данных модели прогноза погоды) |
| Карты типов подстилающей поверхности MCD12Q1, GlobCover и др.                 | Моделирование распределения снегозапасов с высоким пространственным разрешением (downscaling данных модели прогноза погоды)   |

обстановкой по космическим снимкам. В результате информационное обеспечение органов государственной власти, местного самоуправления (комиссий по ЧС) и региональных Центров управления в кризисных ситуациях МЧС остается недостаточным для принятия решений.

В настоящее время существуют открытые (бесплатные) информационные ресурсы, которые в недостаточной степени задействуются при решении задач мониторинга и прогноза опасных природных явлений. Это открытые данные космической съемки (LANDSAT-8, Terra/Aqua MODIS и SUOMI NPP), источники открытых метеоданных (в том числе мезомасштабные модели прогноза погоды), открытые данные о рельефе и типах подстилающей поверхности. Преимуществами их использования для мониторинга ЧС в паводковый период является регулярное и оперативное получение, наличие многолетнего ряда однородных наблюдений, возможность использования однотипных алгоритмов обработки данных для проведения расчетов в разных физико-географических условиях, минимизация затрат на получение и предобработку данных. К числу существенных недостатков открытых данных можно отнести лишь пространственное разрешение – они не могут использоваться для прогноза ЧС на объектовом уровне.

Большинство существующих в настоящее время гидрологических моделей, используемых при прогнозе талого стока с реальных водосборов, в том числе модели Гидрограф, разработанная Ю.Б. Виноградовым [2], и модели, разработанные в Институте водных проблем РАН [4], ориентированы на использование открытых данных. Задачи, которые могут быть решены с использованием открытых данных в системе мониторинга опасных гидрологических явлений, перечислены в табл. 1.

В зарубежных странах в настоящее время основным технологическим трендом в области оперативного мониторинга и прогнозирования ЧС, связанных с опасными гидрологическими явлениями, и минимизации ущерба от них является разработка информационных систем раннего предупреждения о ЧС. Бассейновые системы мониторинга основаны на интеграции мезомасштабных моделей прогноза погоды, распределенных моделей формирования стока, данных космического мониторинга и доплеровских метеорологических радиолокаторов [5]. При этом выходные данные мезомасштабной метеорологической модели используются в качестве входной информации для гидрологической модели, а данные дистанционного зондирования – как для оценки ряда параметров, так и для верификации прогноза [6]. Это позволяет уменьшить зависимость качества прогноза от плотности наблюдательной сети и неравномерности ее распределения.

Модель обеспечивает получение данных об осадках и величине поверхностного стока с высоким пространственным разрешением, что особенно актуально для горных территорий. Ввиду большой ресурсоемкости, подобные задачи решаются в режиме реального времени на высокопроизводительных вычислительных кластерах.

Для территории России оптимальным решением является разработка системы мониторинга национального уровня на основе интеграции открытых данных спутниковых, наземных наблюдений и моделей прогноза погоды (Open Big Data) для организации оперативного мониторинга и прогноза ЧС в паводкоопасный период. Система мониторинга, основанная на открытых данных, будет масштабируемой и адаптируемой для различных физико-географических условий. Структурно предлагаемая информационная система мониторинга может состоять из следующих блоков:

1. **Блок расчета и прогноза осадков и снегозапасов** с высоким пространственным разрешением и учетом неоднородности их пространственного распределения. Основой данного блока будет

мезомасштабная численная модель прогноза погоды WRF (с открытым исходным кодом). Модель WRF позволяет получить поля пространственного распределения осадков с высокой детальностью, объективно учитывая влияние рельефа, что не позволяет сделать существующая редкая наблюдательная сеть.

Модель WRF планируется запускать на сервере под управлением операционной системы CentOS LINUX. Для инициализации модели используются выходные данные глобальных численных прогнозов в формате GRIB2, которые также публикуются в сети Интернет в режиме реального времени. Выходные данные модели (поля метеозлементов) в формате GRIB2 будут автоматически конвертироваться в форматы, поддерживаемые геоинформационными системами.

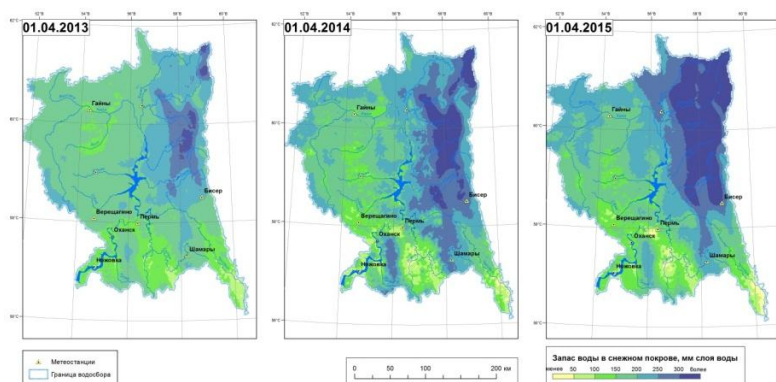


Рис. 1. Максимальный снегозапас на водосборе Воткинского водохранилища, рассчитанный по открытым данным (на основе модели WRF) за 2013-2015 гг.

Для перехода от поля осадков к полю снегозапасов будет учитываться снеготаяние при оттепелях и перераспределение в зависимости от типов растительного покрова. Все расчеты на данном этапе планируется выполнять средствами ArcGis Model Builder. Для расчета снегозапаса, как основного предиктора объема весеннего стока, будут использоваться тематические продукты обработки данных ДЗЗ, характеризующие различные типы растительного покрова (MOD12Q1, GlobCover, TerraNorte, или авторские карты). Эти данные также являются открытыми, и ежегодно обновляются, что позволяет учесть современные изменения растительного покрова на водосборе.

**2. Блок расчета интенсивности снеготаяния и поступления воды на водосбор** от таяния снега и жидких осадков, а также площади заснеженности на водосборе. Расчеты будут выполняться средствами ГИС-технологий на основе данных сетевых метеонаблюдений,

численной модели прогноза погоды и данных о подстилающей поверхности, с шагом по времени в 12 ч. Основной выходной продукцией данного блока модели будет расчетный объем воды, поступающей на водосбор (в мм слоя).

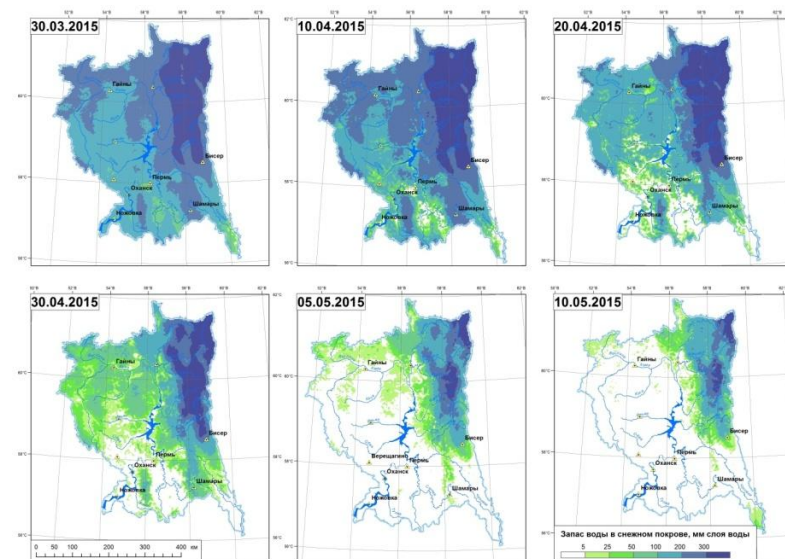


Рис. 2. Результаты расчета интенсивности снеготаяния с использованием открытых данных модели WRF (на примере водосбора Воткинского водохранилища)

**3. Блок расчета притока воды в русловую сеть.** Расчет склонового стока является наиболее сложным этапом расчета гидрографа половодья, так как процессы задержания воды на склонах, инфильтрации воды в почву, периодического замерзания и оттаивания не могут быть измерены непосредственно. До сих пор нет единого взгляда на математическое описание процессов стекания воды с водосбора в русловую сеть. В заявляемой технологии планируется выполнить схематизацию водосборов на основе открытых исходных данных о рельефе (SRTM), типах растительности и почвенного покрова. В результате чего будут выделены участки, однородные по условиям формирования стока, а также созданы модели схематизации речной сети. В дальнейшем на основе полученного описания структуры водосборов будет рассчитываться поверхностное задержание (с использованием емкостной модели, на основе данных об углах наклона склонов), и интенсивность склонового стока (по модели кинематической волны). Для трансформации притока воды в русловую

сеть в сток замыкающего створа будет использован интеграл свертки. Неизвестные параметры модели определяются методами оптимизации.

4. **Подсистема космического мониторинга ЧС** будет основана на открытых данных со спутников Terra/Aqua MODIS и LANDSAT. На их основе будет выполняться калибровка модели, автоматическое выделение зон затопления, определение границ распространения снежного покрова.

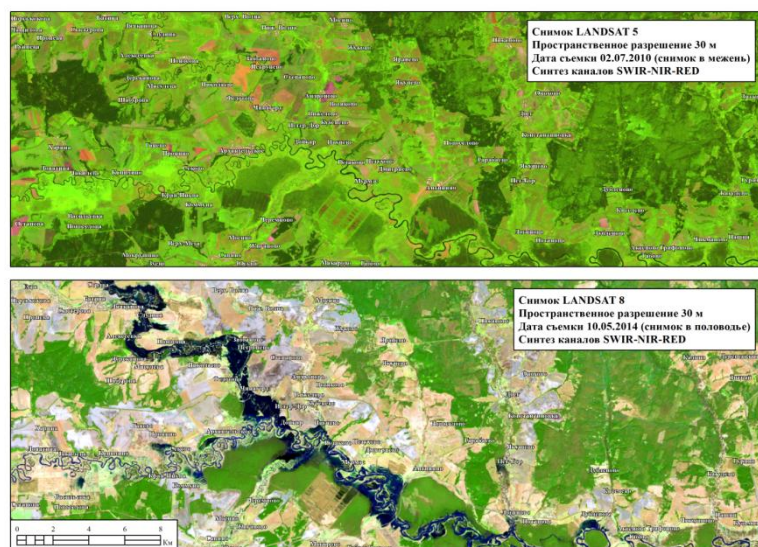


Рис. 3. Выявление затопления пойм по открытым спутниковым данным LANDSAT(на примере р. Велва)

5. **Веб-картографический сервис** (специализированный геопортал), на котором будут публиковаться выходные данные модели: карты распределения снеготаяния, расчетной интенсивности снеготаяния, зон возможного затопления. Оценка риска затопления населенных пунктов и объектов инфраструктуры будет представлена в виде интуитивно понятной светофорной схемы.

Для мониторинга опасных гидрологических явлений в паводковый период на территории Пермского края предложенные подходы используются с 2012 г. В настоящее время разработана и протестирована на материалах 2013-2015 гг. методика расчета снеготаяния по модели WRF [1, 3]. Разработаны или адаптированы к условиям водосбора Воткинского водохранилища методы восстановления полей пространственного распределения метеозапасов (суммарной солнечной радиации, альбедо снежного покрова, температуры и влажности воздуха, скорости ветра) [1].

Разработана математико-картографическая модель процесса снеготаяния и программный инструмент для ее реализации средствами ArcGis 10.1.

#### Библиографический список

1. Пьянков С.В., Шихов А.Н. *Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз*. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь. Изд-во ООО «Раритет-Пермь». 2014. 296 с.
2. Семенова О.М. *Анализ и моделирование процессов формирования стока в малоизученных бассейнах (на примере бассейна р. Лены)*. Дис. ... канд. геогр. наук 25.00.27. СПб., 2008. 121 с.
3. Шихов А.Н., Связов Е.М. *Исследование процессов снегонакопления с применением мезомасштабной модели прогноза погоды WRF/ARW (на примере водосбора Воткинского водохранилища) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 2014, №37. С. 94–107.*
4. Kuchment L.S. *Use of satellite-derived data for characterization of snow cover and simulation of snowmelt runoff through a distributed physically based model of runoff generation / L. Kuchment, P. Romanov, A. Gelfan, V. Demidov // Hydrology and Earth system science, 2010. Vol. 14. pp. 339-350.*
5. Mioc D. *Early warning and mapping for flood disasters / D. Mioc, D. Nickerson, E. MacGillivray, A. Morton, F. Anton, D. Fraser, P. Tang, G. Liang // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2008, Vol. 37. Part B4. p 1507 – 1512.*
6. Zhao Q. *A snowmelt runoff forecasting model coupling WRF and DHSVM / Q. Zhao, Z. Liu, B. Yel, Y. Qin, Z. Wei, S. Fang // Hydrology and Earth Systems sciences(HESS). 2009. Vol. 13 (10). p. 1897-1906.*

S.V. Pyankov, I.G. Dolgih, A.N. Shikhov

#### Using Open Big Data for real-time monitoring of emergency situations in flood period

The article describes the approaches to the organization of dangerous hydrological events monitoring system in the spring season based on the open remote sensing data and weather forecasting models. The authors describes also the experience of the Open Big Data use in flood monitoring system of Perm region.

*Key words:* dangerous hydrological events, monitoring, Open Big Data, satellite imagery, WRF model.

**Pyankov S.V.**, Prof., head of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; pyankovsv@gmail.com

**Dolgih I.G.**, candidate of Technical Sciences, deputy director Ltd «Small innovative enterprise «Space technology and services center»; Russian 614990 Perm, st. Bukireva 15; dolgih.igor@gmail.com

**Shikhov A.N.**, candidate of geography, senior lecturer of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; and3131@inbox.ru

УДК 511.37.004+572.022+630.113

## **Использование ГИС-технологий для пространственной дифференциации геосистем на территории заповедника «Басеги»**

*И.А. Самофалова, П.С. Шутов*

Составлены цифровые карты рельефа, гидрографической сети для территории заповедника «Басеги» с помощью ГИС-технологий. С помощью полученных материалов проведена группировка геосистем по общей динамике природных процессов.

Ключевые слова: геосистемы, карта, рельеф, водосборный бассейн, бассейновый метод, ГИС-технологии, ландшафт.

**Введение.** Появление информационных систем в начале 1990-х годов, в которых интегрированы различные виды информации, ознаменовало новый этап развития ГИС как автоматизированной интегрированной информационной системы [4]. В современных условиях в ГИС исследуются не только географическая информация, а также любые процессы и явления на земной поверхности. В связи с этим, можно утверждать, что понятие «геоинформационная система» более широкое [9, 11, 12, 20]. Таким образом, современные ГИС являются интегрированными, так как совмещают в себе и данные, и технологии. Разработка концепции построения на базе ГИС-технологий информационно-аналитических систем для проведения исследований в области почвоведения находится в настоящее время на начальном этапе [20].

В настоящее время активно развивается геосистемный подход в науках о Земле, однако нет единого мнения о критериях пространственного определения геосистем, в которых факторы почвообразования выступают как средообразующие, формирующие определенные ниши для разных типов почв. В географии основной

---

© Самофалова И.А., Шутов П.С., 2015

**Самофалова Ираида Алексеевна**, к. с.-х. н., доцент кафедры почвоведения Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. Д.Н. Прянишникова; Россия 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская 23; samofalovairaida@mail.ru

**Шутов Павел Сергеевич**, магистрант 2-го курса магистратуры кафедры почвоведения Пермской государственной сельскохозяйственной академии им. Д.Н. Прянишникова; Россия 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская 23; www.sven.a@mail.ru



ячейкой материально-энергетического обмена выступают элементарные геосистемы [17], в геоморфологии в качестве элементарных геоморфологических систем используют малые лито- и водосборные бассейны [1, 3, 5]. Геопространственный анализ на основе бассейнового подхода зависит от возможности выделения границ бассейнов по цифровым моделям рельефа с использованием информационных технологий [8].

Речной бассейн представляет территориальную структуру с учетом толщи почвогрунтов. Склоновые и русловые потоки формируют особые геосистемы высокой пространственно-временной организации, так как речной сток через распределение водных ресурсов, особенности рельефа и микроклимата влияет на почвенный покров и растительность [6, 11, 19, 20]. Современная сеть речных долин является результатом совместного действия биологических и геодинамических процессов, в связи с чем, существует взаимосвязь между ландшафтными и гидрологическими исследованиями территории [7, 13]. В горных условиях водосборный бассейн связан со специфическими формами рельефа, который является главным фактором в формировании определенной геосистемы.

Считается, что водосборный бассейн является фундаментальной геоморфологической системой, в которой упорядоченность ландшафта выражается в виде систематической и повторяющейся зависимости между склонами, почвами, местоположением и интенсивностью деятельности потоков [22, 23].

Пространственно-временное функционирование горных геосистем характеризуется сложностью геолого-геоморфологической и биоклиматической организованности. Специфика горного почвообразования заключается во взаимодействии главных двух геосистем: высотных поясов и литоводосборного бассейна, каждая из которых подчиняется собственным законам и порядку развития [19]. Таким образом, для определения специфики формирования структуры почвенного покрова в горных условиях необходимо выявление особенностей взаимоположения двух геосистем: высотной биоклиматической поясности и литоводосборного бассейна. В горных странах различные формы рельефа обуславливают большое ландшафтное разнообразие территории. В связи с этим целесообразно рассматривать почвенный покров в пределах различных морфоструктур: складчатых, складчато-глыбовых, вулканических массивов, межгорных депрессий, прогибов и т.д. [18, 19, 21].

Таким образом, проведение исследований по данной теме предполагает на первом этапе выделение литоводосборных бассейнов, что позволит выделить основные геосистемы на этой основе. Это и является целью данного исследования. Задачи исследования: изучить материалы картографической съёмки, и на их основе осуществить

пространственную привязку изображения в системе Mercator WGS 84; создать электронную карту рельефа поверхности исследуемой пространственной области; на основе интерполируемой поверхности выделить гидрографическую сеть в пространстве и геосистемы литоводосборных бассейнов.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на Среднем Урале для территории государственного природного заповедника «Басеги». В состав заповедника входит хребет Басеги, который представляет собой горную гряду, залегающую западнее от водораздельной части Урала между 58°50' и 60° с.ш. Басеги представляют собой меридианально вытянутый хребет из трех гор: Северный Басег (951,9 м), Средний Басег (994,7 м), Южный Басег (851 м). Самая низкая точка в заповеднике находится в районе устья р. Коростелевки – 314 м.

В тектоническом отношении весь Урал – крупный мегантиклинорий, состоящий из сложной системы антиклинориев и синклинориев, разделенных глубинными разломами. В ядрах антиклинориев выходят наиболее древние породы – кристаллические сланцы, кварциты и граниты протерозоя и кембрия. В синклинориях наблюдаются мощные толщи палеозойских осадочных и вулканических пород. С запада на восток на Урале отчетливо прослеживается смена структурно-тектонических зон, а вместе с ними и смена горных пород, отличающихся одна от другой литологией, возрастом и происхождением.

Исходными материалами для составления схемы позиционно-динамической структуры являются топографические, почвенные, геологические карты, карты растительности.

Бассейны рек при проведении почвенно-экологических исследованиях являются исходной операционной единицей для изучения и управления процессами, связанными с переносом и трансформацией вещества и энергии. Позиционно-динамическая структура демонстрирует зависимость природных условий от высоты местности, положения ландшафтных контуров относительно ландшафтноразличимых рубежей, вдоль которых происходит изменение интенсивности и направления горизонтальных вещественно-энергетических потоков, хотя в пределах единиц позиционно-динамической структуры интенсивность потоков в целом одинакова [14]. Для выделения вышеназванных структур проводят морфометрический анализ территории, при этом используются современные геоинформационные технологии с пространственной информацией. Изучению морфометрических особенностей речных бассейнов с помощью различных ГИС посвящены работы [10, 16, 24].

Детальная интерполированная поверхность (масштаб 1:150000) рельефа составлена с помощью модуля геоанализа Mapinfo Vertical Mapper 3.0, ГИС-программного продукта MapInfo Professional 10.5. Построенные изолинии на основе набора горизонталей, преобразованы в точки, а затем, для построения непрерывной поверхности, в векторные области. Преобразование позволяет точно выделить контуры, различающиеся по высоте территории. Полученные исходные массивы данных интерполировались методом триангуляции со сглаживанием (triangulation with smoothing) для построения нерегулярной триангуляционной сети (TIN) отметок высот.

Нерегулярная сеть триангуляции (TIN) – векторная структура данных, имеет обыкновение хранить и показывать поверхностные модели. TIN делит географическую поверхность, используя набор нерегулярно размещенных пунктов данных, каждый из которых имеет x-, y- и z-значения. Эти точки связаны гранями, которые формируются в смежные треугольники, не накладываясь друг на друга. При этом создается непрерывная поверхность, которая представляет ландшафт [2].

**Результаты и обсуждение.** Нами составлена цифровая карта рельефа для территории заповедника с помощью ГИС-технологий. Используя модуль геоанализа Mapinfo Vertical Mapper 3.0, составлен геоморфологический профиль хребта Басеги (с уклоном) для выделения геосистем, а так же детальные геоморфологические профили гор Северный Басег (1а), Средний Басег (1б) и Южный Басег (1в) (рис. 1).

Карта бассейновой территориальной структуры выполняется на базе цифровой модели рельефа (ЦМР), созданной на основе оцифрованных топографических карт. Рекомендуют также использовать данные радиолокационной съемки SRTM, открытые для свободного доступа в Интернете на сайте <http://dds.cr.usgs.gov/srtm> в виде растровых файлов [15]. Для визуализации полученных пространственных данных о рельефе можно построить 3D-модель. Далее выполняется построение гридов направлений стока (линии тока) и кумулятивного стока, определение водотоков и присвоение порядка каждому звену эрозионной сети. Завершающим этапом создания бассейновой структуры является определение границ микроводосборов и речных бассейнов с помощью приложения ArcHudg 4.1. Далее создаются морфометрические карты (уклонов и экспозиции).

Используя ГИС-технологии, нами, построена карта гидрографической сети для заповедника и прилегающей территории. На территории заповедника встречается 18 рек различной величины, которые формируют водосборы различного порядка. Площадь бассейнов рек варьирует в широких пределах (7,68-400,37 км<sup>2</sup>).

Средняя ширина водосбора небольшая и изменяется от 2,07-6,42 км. Реки имеют как правую, так и левую асимметрию. В формирующихся микроводосборах выраженная асимметрия рек еще отсутствует.

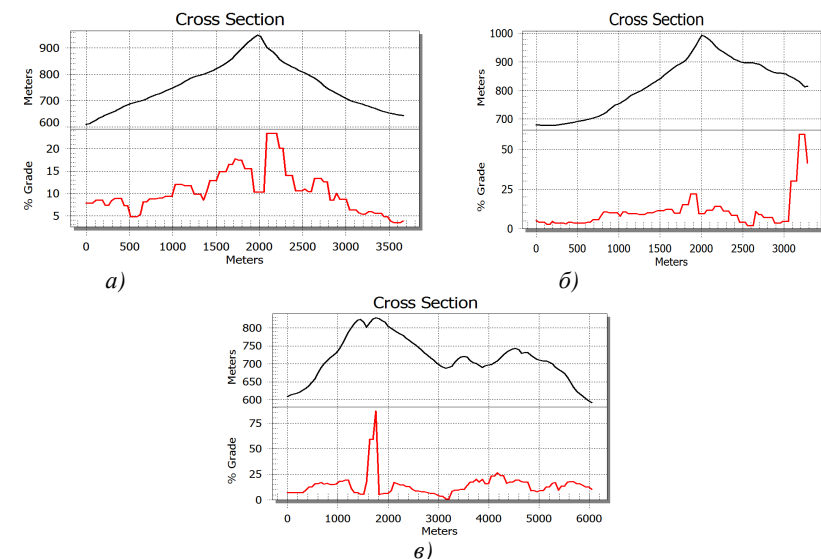


Рис. 1. Геоморфологический профиль и крутизна склонов гор хребта Басеги: (а) г. Северный Басег, (б) г. Средний Басег, (в) г. Южный басег

Используя карту рельефа, карто-схему гидрографической сети и геоморфологический профиль хребта Басеги, а также морфометрические карты, проведена группировка геосистем по общей динамике природных процессов на «пойменные» и «внепойменные», а затем внепойменные на повышения и понижения (таблица).

На высотнo-зональные закономерности развития горных геосистем накладываются экспозиционные и барьерно-циркуляционные различия склонов, разнообразие и динамизм литоморфной основы, повышенная активность процессов трансформации вещества и энергии, что в комплексе создает дифференцированную структуру ландшафтов. Природно-зональные и высотнo-орграфические условия способствуют формированию трех высотных поясов: горно-лесного таежного, подгольцового, горно-тундрового (гольцового). Высотная поясность является закономерным отражением высотной и пространственной дифференциации ландшафтов, которая формируется в определенных геоморфологических и погоднo-климатических условиях и идентифицируется по характеру растительного покрова и

растительным формациям. Наиболее геодинамически активными участками являются шлейфы курумов, секущие высотные пояса и спускающиеся в межгорные котловины.

Таблица

**Типология геосистем заповедника «Басеги»**

| Фактор                      | Типы геосистем |                |                         |
|-----------------------------|----------------|----------------|-------------------------|
|                             | внепойменные   |                | пойменные               |
| Рельеф                      | Водоразделы    | Депрессии      | Нерасчлененные поймы    |
| Геоморфологическое строение | Выпуклые       | Долинообразные | Центрально-гривистые    |
|                             | Плоские        | Озеровидные    | Притеррасно-центральные |
| Гипсометрический уровень    | Высокие        | Неглубокие     | Высокая и средняя пойма |
|                             | Низкие         | Глубокие       | Низкая пойма            |

Определена неоднородность высотных показателей для границ поясов, которая обусловлена различиями в уклонах поверхности территории, в связи с чем, и определяется разнообразие в мезорельефе и в фациальной структуре ландшафтов.

**Выводы.** ГИС технологии в почвенно-экологических исследованиях интегрируют знания о рельефе, климате, растительности, литологии с целью нахождения на определенной территории исследования взаимосвязей.

Пространственная неоднородность горного рельефа обуславливает значительное разнообразие, сложность и динамичность проявления и сочетания процессов и факторов морфогенеза. Речной бассейн образует единую структуру с четкими и устойчивыми во времени и в пространстве границами, которые определяются поверхностным и подземным водотоками, выделяющихся по карте и космоснимкам. Выделенные структуры впоследствии будут основой для определения почвенного покрова заповедника, так как сложность изучения почв и почвенного покрова состоит в том, что трудно предсказать тип почвы, ее свойства, не опираясь на количественные и качественные данные полевых измерений и особенно в труднодоступных районах, к которым можно отнести горные территории. ГИС-технологии позволяют решить эти проблемы с помощью интерполяции и математического моделирования.

Планируется продолжение исследований в части изучения структуры ландшафтов и динамических связей между элементами геосистем и определения структуры почвенного покрова.

**Библиографический список**

1. Баженова О.И., Кобылкин Д.В. Динамические фазы внутривековых циклов рельефообразования бессточных озерных бассейнов Даурии // *География и природные ресурсы*. 2014. № 3. С. 113-123.
2. Басаргин А.А. Исследование методов интерполяции при построении моделей рельефа // *Сборник научных трудов аспирантов и молодых учёных Сибирской государственной геодезической академии*. 2006. № 6. С. 34-38.
3. Бондарев В.П. Иерархичность процессов малых водосборных бассейнов // *Отечественная геоморфология: прошлое, настоящее, будущее: Материалы XXX Пленума Геоморфологической комиссии РАН*. СПб., 2008. С. 191-192.
4. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. *Геоинформационные системы* М.: Златоус, 2000. 224 с.
5. Важенин Б.П. Литосборный бассейн и некоторые другие взаимосвязанные с ним понятия и их свойства // *Основные направления развития геоморфологической теории*. Новосибирск, 1982. С. 32-34.
6. Васильев Д.Н., Трифонова Т.А., Чернов В.Г., Кулаков М.А. «Водосборные бассейны рек Владимирской области» Информационная система. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2002610617, 2000.
7. *Гидрологическая роль лесных экосистем*. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. 167 с.
8. Ермолаев О.П., Мальцев К.А., Иванов М.А. Автоматизированное построение границ бассейновых геосистем для Приволжского федерального округа // *География и природные ресурсы*. 2014. № 3. С. 33-39.
9. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н. *Геоинформатика*. М.: МАКС Пресс, 2001. 349 с.
10. Кацавцева А.Ю., Шипулин В.Д. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 // *Ученые записки Таврического национального университета*. Серия «География». 2011. Т. 24 (63). №3. С. 85-92.
11. Корытный Л.М. *Бассейновая концепция в природопользовании*. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. 163 с.
12. Кошкарев А.В., Каракин В.П. *Региональные геоинформационные системы* М.: Наука, 1987. 140 с.
13. *Ландшафтно-гидрологический анализ территории*. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1992. 208 с.
14. *Методические указания по ландшафтному исследованию для сельскохозяйственных целей* / [ред. Г.И. Швобс, П.Г. Шищенко]. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1990. 58 с.

15. *Оньков И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортопротрансформирования космических снимков высокого разрешения // Геоматика. 2011. №3. С. 40-46.*
16. *Погребной И.А. Исследование деградации речной сети малых рек картографическим методом с использованием геотрансформационных способов // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2010. Том 15. Випуск 10. С. 50-59.*
17. *Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 318 с.*
18. *Трифонова Т.А. Развитие бассейнового подхода в почвенных и экологических исследованиях (статья) // Почвоведение. № 9. 2005. С. 1054-1061.*
19. *Трифонова Т.А. Формирование почвенного покрова гор: геосистемный аспект // Почвоведение. 1999. № 2. С. 174-181.*
20. *Трифонова Т.А., Мищенко Н.В. Почвенно-продукционный потенциал экосистем речных бассейнов на основе наземных и дистанционных данных. М.: ГЕОС, 2013. 272 с.*
21. *Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Будаков Д.А. Использование геотрансформационных технологий в почвенно-экологических исследованиях // Почвоведение, 2007. № 1. С. 23-30.*
22. *Трифонова Т.А. Речной водосборный бассейн как самоорганизующаяся природная геосистема // Изв.РАН. Серия геогр. 2008. № 1. С. 28-36.*
23. *Трифонова Т.А., Ширкин Л.А., Мищенко Н.В. Моделирование стационарных состояний системы фитоценоз-почва (на примере бассейна р. Клязьма) // Почвоведение. 2012. № 8. С. 889-898.*
24. *Чепелев О.А. Применение ГИС для автоматизированного выделения элементарных участков при организации ландшафтно-экологического мониторинга // Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике: Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых (10-13 октября 2011 г). Белгород: «ПОЛИТЕРРА», 2011. С. 58-62.*

***I.A. Samofalova, P.S. Shutov***

### **The use of GIS technologies for spatial differentiation geosystems On the reserve «Basegi»**

Compiled digital elevation maps, hydrographic network for the reserve «Basegi» using GIS technology. These materials are allowed to allocate group of geosystems of the overall dynamics of natural processes.

*Key words:* geosystems, map, relief, drainage basin, basin method, GIS-technology, landscape.

**Samofalova I.A.**, Assistant Professor of Soil Science department of the Perm state agricultural academy of D.N. Pryanishnikov; Russia 614990, Perm, Petropavlovskaya St. 23; samofalovairaida@mail.ru

**Shutov P.S.**, Graduate student of Soil Science department of the Perm state agricultural academy of D.N. Pryanishnikov; Russia 614990, Perm, Petropavlovskaya St. 23; www.sven.a@mail.ru

## Геоинформационное обеспечение проведения полевых работ при использовании технологий LiDAR

*А.В. Тарасов, Вирпи Юнттила*

В данной статье описано использование геоинформационных систем для поддержки проведения полевых работ при использовании LiDAR.

Ключевые слова: лидар, воздушно-лазерное сканирование, ГИС, EasyTrance, использование современных методов таксации лесов.

В рамках деятельности международной исследовательской группы (МИГ) по разработке автоматизированной технологии проведения лесоустроительных работ на основе комплексирования данных космической съемки и воздушного лазерного сканирования были проведены полевые работы на территории тестового участка в период с 30.09. 2015 по 06.10.2015. Участок находится в Пермском крае, Соликамском муниципальном районе, в районе села Половодово.

Технология LidAR это по сути активный дальномер, с помощью которого вычисляются расстояния до точек, и далее их координаты. Высокая плотность импульсов позволяет получать так называемое «облаков точек». По сути это файл, содержащий все измеренный импульсы (до нескольких миллионов) и их атрибуты (координаты и др.). Собранный в таком виде информация позволяет получать точные модели местности, рельефа и др. Данная технология в настоящее время начинает применяться и в лесном хозяйстве [1], в частности при лесотаксации. Одним из методов инвентаризации лесов с помощью LiDAR является “Зональный метод” (Area Base Approach -ABA) [3]. Важным требованием при использовании данного метода является проведение полевых работ.

---

© Тарасов А.В., Вирпи Юнттила, 2015

**Тарасов Андрей Владимирович**, магистрант 1 курса кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; andrew.tarasov1993@gmail.com

**Вирпи Юнттила**, Лапперантского технологический университет, доктор наук, профессор; South Karelia, Finland; Skinnarilankatu 34, 53850 Lappeenranta; virpi.junttila@arbonaut.com

Сбор информации в поле необходим для составления математической модели «роста деревьев» и калибровки данных лидара, а также для вычисления параметров сегментации, являющейся одним из этапов при инвентаризации лесов. Пробная площадь представляет собой круг различного диаметра, в зависимости от типа леса (5,62 для подроста, 12,62 м для разреженного и 9 м для сомкнутого). На самом участке измеряются диаметры всех деревьев, которые попадают в радиус, определяется порода дерева и его класс (живое, мертвое и т.д), класс товарности и происхождение. Для наиболее типичных деревьев («модельных») определяются высоты. По сути, полевые работы представляют собой некое подобие сплошного перечета при лесотаксации. Проведение работ регламентируется четкой инструкцией.

Для обеспечения проведения этих мероприятий необходимо было подготовить соответствующие данные. Одним из первых шагов было получение координат центров пробных площадей, что является существенным преимуществом данного метода инвентаризации. Эти данные получены от финской стороны в рамках сотрудничества по МИГу. Размещение пробных площадей происходит на основе раstra, содержащего информацию о плотности и высоте. Исходный способ визуализации данных лидара в виде огромного массива точек неудобно и требует затраты значительных аппаратных ресурсов. Гораздо практичнее аппроксимировать эти данные до раstra, используя существующие программы. Они позволяют конвертировать формат Las (типичный формат лидарных данных) в растр. Это происходит посредством подсчета средних (максимумы, минимумы и др.) значений точек на территории, ограничивающей одну ячейку. Для аппроксимации можно использовать не только значения высоты, но и значения других доступных атрибутов (например, интенсивности). Пример подобного конвертированного изображения представлен на рисунке 2.

Следующим шагом является сбор на территорию космических снимков. На данную территорию был получен снимок с аппарата SPOT-5, датируемый 8 августом 2014 года. Для улучшения визуальных характеристик снимка была проведена операция фьюжирования, и настройки отображения с помощью файла Lut. Также для общего изменений на территории были получены снимки с аппарата Landsat 8, датируемые 7 августа 2014 и 3 марта 2015. Для планирования полевых маршрутов и выбора маршрутов к точкам были использованы снимки сверхвысокого пространственного разрешения, загруженные с помощью программы SASPlanet.

Важным этапом было создание пространственной базы с тематической информацией. Основным источником – являлся лесной планшет. Привязка выполнялась в программе ArcGIS с

использованием спутниковых снимков и растров, полученных при конвертации точек лидара. По данным лидара можно получить цифровую модель местности или рельефа высокой точности в растровом, а также подобие аэрофотоснимка, при построении растра по значениям интенсивности – мощности отраженного лазерного импульса, зависящей, частично, от типа поверхности. [2]

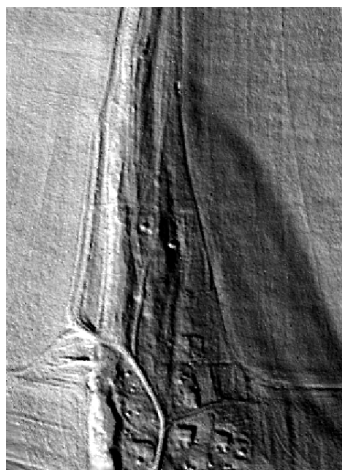


Рис. 1 ЦМР, созданная по данным лидара  
(Масштаб 1:2000; Размер ячейки 1 м на 1 м)



Рис. 2 Растр интенсивности  
(масштаб 1:5000; Размер ячейки 1 м на 1 м)

Оцифровка привязанных планшетов происходила в полуавтоматическом режиме с использованием программы EasyTrace с использованием инструментария «цветовых наборов». Использование EasyTrace позволило значительно сократить время на подготовку пространственной информации. Для создание атрибутивной части данных использовалась связка MS EXCEL + VBA. Это позволило преобразовать нужную информацию в необходимый вид. Далее эти две части данных интегрировались и корректировались.

Для обеспечения полевых работ были сделаны обзорные карты с пробными площадями, а также с помощью программы ArcGis скомпилированы отчеты для визуализации таксационных характеристик пробных площадей. Эти данные использовались непосредственно в поле при проведение измерений на выбранных участках.

После сбора данных проводилось интегрирование данных точек изменений, их типизация, занесение атрибутов с предварительным ограничением значений. После проведения полевых мероприятий собран значительный объем информации, которая в дальнейшем будет использована при камеральной обработке и расчету таксационных показателей.

*Проект финансируется из средств гранта Министерства образования и науки Пермского края № с-26.1004.05 от 12.01.2015*

#### **Библиографический список**

1. Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р. Лазерная локация Земли и леса. Геолidar, Геоскосмос. Москва; Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Красноярск, 2007. С. 139-160
2. ArcGis Resources. Справочная библиотека ArcGis [электронный ресурс] URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.2/> (дата обращения 15.10.2015).
3. Matti Maltamo, Erik Naesset, Jari Vauhkonen. Forestry Applications of Airborne Laser Scanning. London, 2014. 256 p.

*A. V. Tarasov, Virpi Junttila*

#### **GIS supporting of field measurement when using LiDAR**

In this paper, application of GIS for supporting field measurement technology with using LiDAR is described.

*Key words:* LiDAR, airborne laser scanning, GIS, EasyTrace, up-to-date forest inventory methods.

**Tarasov A.V.**, Graduate student of cartography and geoinformatics department, Perm State National Research University; 614990, Russia, Perm, Bukireva st., 15; andrew.tarasov1993@gmail.com

**Virpi Junttila**, Doctor of Technical Science, Lappeenranta University of Technology, South Karelia, Finland; Skinnarilankatu 34, 53850 Lappeenranta; virpi.junttila@arbonaut.com

УДК 004.418

## **Геоинформационная система ParmaGIS для учета лесных ресурсов**

*К.Д. Тимофеев, И.В. Осин*

В данной статье рассмотрена геоинформационная система ParmaGIS для учета лесных ресурсов Пермского края. Описан функционал и разнообразные возможности просмотра, поиска и выборки картографической и лесоустроительной информации – создание, редактирование, анализ и использование лесных цифровых карт и таксационных описаний. Система адаптирована под задачи лесного хозяйства и лесоустройства. В состав геоинформационной системы входит: приложение ParmaGIS – обеспечивающее весь комплекс работ с атрибутивными данными и плагин «Forestry Identify» для QuantumGIS – свободной географической системой с открытым кодом. Данный программный продукт разработан на последующую замену программного комплекса «ТОПОЛ-L».

Ключевые слова: ParmaGIS, Forestry Identify, лесное хозяйство, геоинформационная система.

Благодаря развитию средств вычислительной техники все большее значение в лесной отрасли приобретают автоматизированные системы. Эти системы содержат аппаратные средства и программное обеспечение, которые позволяют автоматизировать работу специалистов лесного хозяйства. В последнее время появился спрос к внедрению информационных систем в лесное хозяйство для более эффективного управления, анализа и инвентаризации лесных ресурсов.

Задачи сбора, хранения и использования данных о состоянии лесных ресурсов, их рационального использования всегда связаны с интеграцией и синтезом разнородной картографической и атрибутивной информацией.

---

©Тимофеев К.Д., Осин И.В., 2015

**Тимофеев Константин Дмитриевич**, студент 2 курса Пермского национального исследовательского политехнического университета; Россия 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; codergisperm@gmail.com

**Осин Илья Владимирович**, студент 1-го курса магистратуры Пермского государственного национально исследовательского университета; Россия 614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15;codergisperm@gmail.com

В настоящее время большинство геоинформационных систем (ГИС), которые нацелены на автоматизацию лесного хозяйства, имеют ряд недостатков, таких как: сложный интерфейс, низкая производительность работы при больших объемах данных (30 тысяч таксационных выделов), высокая стоимость.

В начале 2015 года ГИС-центр ПГНИУ начал разработку системы для учета лесных ресурсов для Министерства природных ресурсов Пермского края. В результате получился продукт, адаптированный под задачи лесного хозяйства Пермского края, отдельных лесничеств и формирования отчетов по проекту освоения лесов, названный в конечном итоге ParmaGIS. В настоящее время проект на стадии тестирования и отладки.

В систему ParmaGIS входит база данных Кочевского лесничества, на которой и происходила разработка, тестирование и отладка продукта. В дальнейшем база будет расширяться за счет добавления других лесничеств.

Для работы приложения требуется аппаратный ключ Guardant Sign. Перед запуском программы требуется поместить ключ в разъем USB. Ключ авторизуется в системе, и программа запускается. Данный сеанс программы будет активен до тех пор, пока ключ находится в разьеме USB. Ключ используется для того, чтобы предотвратить несанкционированный доступ и защитить данные пользователя.

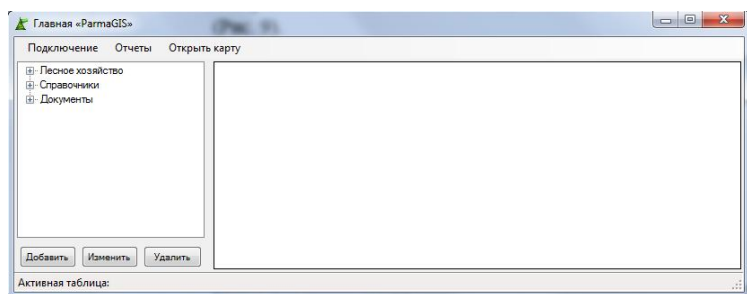


Рис.1 Основная форма проекта

Интерфейс приложения интуитивно понятен пользователю. Для полного доступа к меню и остальным возможностям приложения нужно указать сервер, подключение к базе данных и путь к документу карты. Во время авторизации проверяются права пользователя на изменение и просмотр данных. В зависимости от того, какая у пользователя роль, то у него отображаются или нет кнопки “Добавить”, “Изменить”, “Удалить”. На рисунке 1 представлена основная форма приложения. Вверху формы находится основное меню с пунктами: «Подключение» - отвечает за авторизацию пользователя в системе; «Отчеты» - вывод и формирование отчетов по выделам,

кварталам, отчеты Государственного лесного реестра, формирование проекта освоения леса и проектных ведомостей; «Открыть карту» - открывает документ карты, выбранный пользователем при авторизации.

В левой части основной формы приложения имеется навигационная панель, которая представляет собой иерархический список, имеющий четыре первоначальных узла – «Справочники», «Лесное хозяйство», «Документы».

При раскрытии узла «Лесное хозяйство» появляются 2 узла - «Лесной фонд» и «Аренда», где в «Лесном фонде» находится информация о лесничествах, участковых лесничествах, лесных кварталах, а в «Аренде» - информация о договорах, арендуемых кварталах, делянках и таксационных выделах.

При раскрытии узла «Справочники» появляется список различных справочных таблиц с нормативной информацией по лесничеству.

При раскрытии узла «Документы» появляются узел «Проекты освоения леса» и два корневых узла: «Договор купли-продажи» и «Договор лесозаготовки».

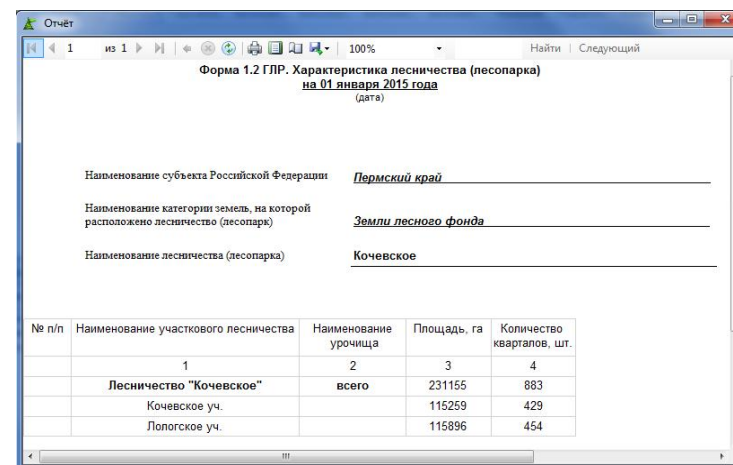


Рис. 2 Предварительный просмотр отчета

В правой части основной формы приложения имеется панель с данными, которая представляет таблицу. При первоначальной загрузке таблица пустая. Внизу главной формы есть небольшая панель состояния, которая показывает, какая таблица загружена в панели данных. При первоначальной загрузке в ней написано «Активная таблица» и указывается, что активная таблица для панели данных не выбрана.



Работа с отчетами подразумевает формирование отчета на основе введенных атрибутивных данных. Инструмент формирования отчетов позволяет экспортировать данные в pdf, doc, xls, есть возможность создать отчёты в режиме локальной и удаленной обработки. В приложении реализован режим локальной обработки, при котором создаются RLDC-файлы и настраиваются для отчёта.

Вторая часть ParmaGIS работает с картографическими данными с помощью бесплатного ГИС Qgis. Интерфейс QuantumGIS намного понятнее для неискущённого пользователя, чем интерфейс того же GRASS (на котором QGIS во многом основана), а в некоторых аспектах даже превосходит широко распространённые проприетарные ГИС, таких как ArcGIS.

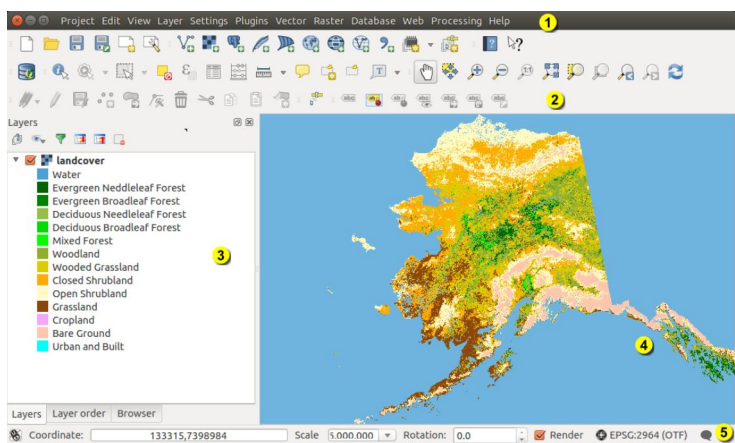


Рис. 3 Общий вид окна Quantum GIS

Для программы характерна легкость управления объектами. Список доступных объектов - лесничеств, кварталов, выделов построен в виде иерархически организованных списков. Простым переходом по списку пользователь может быстро перейти от повыделной таксации по лесничеству к итоговому данным по кварталам или к повыделной таксации по другому лесничеству.

Программа обеспечивает синхронный доступ к картографическим и таксационным данным: при просмотре таксации пользователь может видеть объект на карте и наоборот. Функциональные возможности плагина идентичны для разных уровней управления по своим возможностям и принципам работы. Отличаются они только типом данных. Плагин позволяет идентифицировать на карте таксационный выдел и лесной квартал. Вывести карточку таксации по ним. Так же плагину доступны вывод отчетов по выделенной области на карте и сохранение выборки в файл.

Таким образом, созданный программный продукт ParmaGIS позволяет:

- Получать на основе таксационной базы итоги по кварталам, лесничествам или по произвольно отобраным объектам, в т.ч. итоги категория лесов, землям, породам, классам бонитета, группам возраста для государственного лесного реестра.
- Разрабатывать формы регламента и проекта освоения лесов.
- Связывать базу таксационных описаний и карту, синхронно просматривать карту и связанную с ней таксационную информацию.
- Формировать карточки таксации и выводить таксационное описание на печать.

### Библиографический список

1. Лесной кодекс РФ, N 200-ФЗ от 04.12.2006 - Глава 6, статья 72.
2. Федеральное агентство лесного хозяйства «приказ от 17 января 2012 г. N 18 О ЛЕСНОЙ ДЕКЛАРАЦИИ» - 1 с.
3. ООО «ЛесИс» [Офис, сайт] // Возможности программы [Электронный ресурс] // URL: <http://www.lesis.ru/prices/index.htm> (дата обращения: 29.10.2015).

*K.D.Timofeev, I.V. Osin*

### Geographical information system ParmaGIS to account for forest resources

In this article, the Geographic Information System ParmaGIS to account for forest resources of the Perm region. Described functionality and a varied opportunities view, searching, and sample mapping and forest inventory data - creating, editing, analyzing and using digital maps of forest taxation and descriptions. The system is adapted to the tasks of forestry and forest management. The composition of geographic information system includes an application ParmaGIS - providing the full range of work with attributive data and plug «Forestry Identify» for QuantumGIS - Free geographical system open source. This software is design for the subsequent replacement of software «ТОПОЛ-L».

Keywords: ParmaGIS, Forestry Identify, forestry, geographic information system.

**Timofeev K.D.**, student of the 2th course of the Perm National Research Polytechnic; Russia 614990, Perm, st. Komsomolsky Ave. 29; [codergisperm@gmail.com](mailto:codergisperm@gmail.com)

**Osin I.V.**, graduate student of the Perm State National Research University; Russia 614068, Perm, Bukereva St. 15  
;codergisperm@gmail.com

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ  
ПЕРМСКОГО КРАЯ**

**Выпуск 8**

Сборник научных трудов

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 11.11.2015.

Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 7,91. Тираж 100 экз. Заказ №\_\_\_

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета.  
614990, г. Пермь, ул. А.И. Букирева, 15