**1.Архитектура экспертной системы**

**1.1. Модуль прогнозирования последствий инцидента, связанного с разливом нефтепродуктов**

* + 1. **Модель прогнозирования**
       1. **Исходные данные и понятия модели прогнозирования**

Исходные данные для прогнозирования описаны в таблице 1.1.1.1.

Табл. 1.1.1.1. Исходные данные для прогнозирования

|  |  |
| --- | --- |
| Группа данных | Данные |
| Инцидент  (Incident) | * дата и время разлива нефтепродуктов; * дата и время регистрации инцидента; * географические координаты разлива (место); * техногенный объект (и его характеристики), на котором произошел инцидент; * тип разлитого нефтепродукта (и его свойства); * объем разлитого нефтепродукта; * кадастровая характеристика земли. |
| Опорные геологические точки | Список географических точек, которые предположительно попадут в зону загрязнения. Для каждой точки известны следующие характеристики:   * географические координаты; * высота над уровнем моря; * тип грунта (и его свойства); * глубина грунтовых вод. |
| Природоохранные объекты | Перечень природоохранных объектов, которые предположительно попадут в зону загрязнения. Каждый объект описывается одной или нескольким географическими точками, для каждой из которых известны следующие характеристики:   * географические координаты; * высота над уровнем моря; * тип грунта (и его свойства); * глубина грунтовых вод * кадастровая характеристика земли. |

* + - * 1. **Координаты (Coordinates)**

**Координаты** – географические координаты географической точки, используемой в модели. Свойство понятия **Координаты** описаны в табл. 1.

Табл. 1. Свойства понятия **Координаты**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| latitude | широта в градусах (точность 5 знаков), диапазон северной широты от 0 до 90 градусов, южной от -90 до 0 |
| longitude | долгота в градусах (точность 5 знаков), диапазон восточной долготы от 0 до 180 градусов, западной от -180 до 0 |

* + - * 1. **Тип грунта (GroundType)**

**Тип грунта -** понятие, определяющее геологические характеристики в географической точке земной поверхности. Свойства понятия **Тип грунта** описаны в табл. 2

Табл. 2. Свойства понятия **Тип грунта**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| type\_code | код типа грунта |
| name | наименование грунта |
| porosity | Пористость m, безразмерная величина в диапазоне от 0 до 1; определяет способность грунта задерживать (впитывать) нефтепродукты, формат: х,хх |
| holdmigration | коэффициент задержки миграции R нефтепродуктов, таблица П.4 в методике РД РБ 0212.1-98, формат: ххх,х |
| waterfilter | коэффициент фильтрации воды, м/с, формат: х,хх\*10-х |
| diffusion | коэффициент конвективной диффузии НП в грунтовых водах **d** (м2/с), (Желтов Разработка нефтяных месторождений, 1986, с.216), формат: х,хх\*10-7 |
| distribution | коэффициент распределения, β (безразмерн) табл. П2 |
| sorption | коэффициент (скорости) сорбции (1/с) |
| watercapacity | капиллярная влагоемкость (от 0 до 1), , формат: х,хх |
| soilmoisture | влажность грунта w (от 0 до 1), , формат: х,хх |
| аveryanovfactor | коэффициент Аверьянова (от 3 до 9), принять 3,5 по методике РД РБ 0212.1-98 |
| permeability | Водопроницаемость , вычисляемая по формуле Аверьянова (это коэффициент фильтрации при влажности w), м/с формат: х,хх |

* + - * 1. **Тип нефтепродукта (PetrochemicalType)**

**Тип нефтепродукта** – понятие определяющее название и свойства нефтепродукта. Свойства понятия **Тип нефтепродукта** описаны в табл. 3

Табл. 3. Свойства понятия **Тип нефтепродукта**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| type\_code | код типа нефтепродукта |
| name | наименование нефтепродукта |
| boilingtemp | температура кипения в градусах Цельсия |
| density | Плотность, кг/м3, формат: ххх,ххх |
| kinematicalviscocity | кинематическая вязкость, м2/с |
| solubility | растворимость, кг/м3, формат: х,хххх |
| tension | коэффициент поверхностного натяжения кг/с2, формат: х,ххх |
| dynamicviscosity | динамическая вязкость кг/м\*с, формат: х,хххх |
| diffusion | коэффициент конвективной диффузии НП в грунтовых водах **d** (м2/с), (Желтов Разработка нефтяных месторождений, 1986, с.216), формат: х,хх\*10-7 |

* + - * 1. **Тип инцидента (IncidentType)**

**Тип инцидента** – понятие, классифицирующее происшествие (инцидент), связанный с разливом нефтепродукта Свойства понятия **Тип инцидента** описаны в табл. 4.

Табл. 4. Свойства понятия **Тип инцидента**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| type\_code | код типа инцидента |
| name | наименование типа инцидента |

* + - * 1. **Категории земель (CadastreType)**

**Категории земель (далее Кадастровый тип земли)** –понятие,классифицирующее участи земли на основе данных из земельного кадастра. Свойства понятия **Кадастровый тип земли** описаны в табл. 5.

Табл. 5. Свойства понятия **Кадастровый тип земли**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| type\_code | код категории типа земель |
| name | наименование категории типа земель |
| groundlimit | ПДК в грунте, мг/кг |
| waterlimit | ПДК в воде, мг/дм3 (=мг/л) |
| pdkgrounddoc | Название нормативного документа для почвы: ПДК от 12.03.2012 № 17/1 |
| pdkwaterdoc | Название нормативного документа для воды:  ПДК от 06.10.2004 № 90 |

* + - * 1. **Тип техногенного объекта (RiskObjectType)**

**Тип техногенного объекта** – понятие, классифицирующее техногенный объекты по типам. Свойства понятия **Тип техногенного объекта** описаны в табл. 6.

Табл. 6. Свойства понятия **Тип техногенного объекта**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| type\_code | код типа техногенного объекта |
| name | наименование типа техногенного объекта |

* + - * 1. **Тип природоохранного объекта (EcoObjectType)**

**Тип природоохранного объекта** – понятие, классифицирующее природоохранные объекты по типам. Свойства понятия **Тип природоохранного объекта** описаны в табл. 7.

Табл. 7. Свойства понятия Т**ип природоохранного объекта**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| type\_code | код типа природоохранного объекта |
| name | наименование типа природоохранного объекта |
| water | если значение null, то объект не является водоохранным |

* + - * 1. **Геологическая точка (Point)**

**Геологическая точка -** географическая точка, с заданными геологическими свойствами. Свойства понятия **Геологическая точка** описано в табл. 8

Табл. 8. Свойства понятия **Геологическая точка**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| coordinates | географические координаты точки (п.1.1.1.1.1) |
| groundtype | тип грунта (п.1.1.1.1.2) |
| waterdeep | глубина грунтовых вод в метрах |
| height | высота над уровнем моря в метрах |

* + - * 1. **Техногенный объект (RiskObject)**

**Техногенный объект –** понятие, описывающее любое предприятие, деятельность которого может привести к инциденту, связанного с разливом нефтепродуктов. Свойства понятия **Тип техногенного объекта** описаны в табл. 9.

Табл. 9. Свойства понятия **Техногенный объект**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| id | уникальный идентификатор |
| point | геологическая точка (п.1.1.1.1.4) - центр техногенного объекта |
| riskobjecttype | тип техногенного объекта (п. 1.1.1.1.7) |
| cadastretype | кадастровый тип земли (п. 1.1.1.1.5) |
| name | наименование техногенного объекта и его адрес |
| district | район |
| region | область |
| address | адрес объекта |
| phone | телефон |
| fax | Факс |
| foundationdate | дата ввода в эксплуатацию |
| reconstractiondate | дата последней реконструкции |
| numberofrefuel | количество заправок в сутки // !!!свои поля для каждого вида или всем одинаковые и прятать???? |
| volume | объем хранения нефтепродуктов |
| watertreatment | наличие очистных сооружений для дождевого стока |
| watertreatmentcollect | наличие резервуара для сбора пролива !!! надо бы еще его размер для контроля!!!! |
| map | сюда карту |
| groundtank | емкость наземного резервуара |
| undergroundtank | емкость подземного резервуара |

* + - * 1. **Природоохранный объект (EcoObject)**

**Природоохранный объект –** понятие, описывающее любой географический объект, загрязнение которого при разливе нефтепродуктов может привести к серьезным (с точки зрения экологии) последствиям. Свойства понятия **Природоохранный объект** описаны в табл. 10.

Табл. 10. Свойства понятия **Природоохранный объект**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| id | уникальный идентификатор |
| ecoobjecttype | тип природоохранного объекта (п.1.1.1.1.7) |
| point | геологическая точка (п.1.1.1.1.4) - ближайшая точка природоохранного объекта |
| cadastretype | кадастровый тип земли (п. 1.1.1.1.5) |
| name | наименование природоохранного объекта |
| pollutionecoobject | Расстояние от центра загрязнения до точки |
| |  |  | | --- | --- | | angle |  | | Уклон грунтовых вод (если >0, то в этом направлении гр.воды движутся со скоростью в м/с) |

* + - * 1. **Опорная геологическая точка (AnchorPoint)**

**Опорная геологическая точка –** геологическая точка, для которой известны все ее геологические свойства (п.1.1.1.1.4). Свойства **Опорной геологической точки** описаны в табл. 11. .

Табл. 11. Свойства понятия **Опорная геологическая точка**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| id | уникальный идентификатор |
| point | геологическая точка (п.1.1.1.1.4) |
| cadastretype | кадастровый тип земли (п. 1.1.1.1.5) |

* + - * 1. **Разлив нефтепродукта (SpreadPoint)**

**Разлив нефтепродукта -** понятие, характеризующее утечку нефтепродукта в геологической точке. Свойства понятия **Разлив** описано в табл. 10.

Табл. 12. Свойства понятия **Разлив нефтепродукта**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| point | геологическая точка (п.1.1.1.1.8) - центр разлива |
| cadastretype | кадастровый тип земли (п.1.1.1.1.5) |
| riskobject | техногенный объект (п.1.1.1.1.9), если значение null, то разлив не связан с техногенным объектом |
| petrochemicaltype | тип нефтепродукта (п.1.1.1.1.3) |
| volume | объем разлитого нефтепродукта в метрах куб. |
|  |  |
|  |  |

* + - * 1. **Инцидент (Incident)**

**Инцидент** – происшествие, связанное с разливом нефтепродуктов. Свойства понятия **Инцидент** описаны в табл. 13.

Табл. 13. Свойства понятия **Инцидент**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| id | уникальный идентификатор инцидента |
| incidenttype | тип инцидента (1.1.1.1.4) |
| date | дата и время инцидента |
| date\_message | дата и время регистрации инцидента в системе |
| spreadpoint | разлив (1.1.1.1.12) |
| comment | Поле для ввода комментария |
| map ?? | карта |

* + - * 1. **Коэффициент растекания нефтепродукта (SreadingCoefficient)**

**Коэффициент растекания нефтепродукта** – целочисленная величина, позволяющая получить площадь разлива нефтепродукта исходя из типа нефтепродукта, объема разлива, типа грунта, и угла наклона плоскости поверхности. Имеет размерность метр квадратный/метр кубический. Свойства понятия **Коэффициент растекания нефтепродукта** описанв  табл. 14.

Табл. 14. Свойства понятия **Коэффициент растекания нефтепродукта**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| petrochemicaltype | тип нефтепродукта (п.1.1.1.1.3) |
| groundtype | тип грунта (п.1.1.1.1.2) |
| minvalue | левое значение диапазона объема нефтепродукта в метрах кубических |
| minvalue | правое значение диапазона объема нефтепродукта в метрах кубических |
| minangle | левое значение диапазона угла наклона в градусах |
| maxangle | правое значение диапазона угла наклона в градусах |
| value | значение коэффициента растекания нефтепродукта м2/м3 |

* + - * 1. **Наземная точка загрязнения (GroundPolution)**

**Наземная точка загрязнения** – геологическая точка (п.1.1.1.1.11), которая предположительно (в соответствии с прогнозом) попала в зону наземного пятна (GroundBlur, рассматривается ниже) загрязнения и для нее могут быть спрогнозированы некоторые характеристики загрязнения. **Наземные точки загрязнения** формируются (вычисляются) на основе опорных точек, природоохранных объектов, техногенных объектов (на основе всех типов геологических точек). Свойства понятия **Наземная точка загрязнения** описаныв  табл. 15.

Табл. 15. Свойства понятия **Наземная точка загрязнения**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| point | геологическая точка(п.1.1.1.1.8) |
| cadastretype | кадастровый тип земли (п.1.1.1.1.5) |
| petrochemicaltype | тип нефтепродукта (п.1.1.1.1.3) |
| pollutionecoobject | Расстояние от центра пролива до точки |
| |  |  | | --- | --- | | angle |  | | Уклон грунтовых вод (если >0, то в этом направлении гр.воды движутся со скоростью в м/с) |

* + - * 1. **Водная точка загрязнения (WaterPollution)**

**Водная точка загрязнения** – геологическая точка (п.1.1.1.1.11), которая предположительно (в соответствии с прогнозом) попала в зону водного пятна (WaterBlur, рассматривается ниже) загрязнения и для нее могут быть спрогнозированы некоторые характеристики загрязнения. **Водные точки загрязнения** формируются (вычисляются) на основе опорных точек, природоохранных объектов, техногенных объектов (на основе всех типов геологических точек). Свойства понятия **Водная точка загрязнения** описаныв  табл. 16.

Табл. 16. Свойства понятия **Водная точка загрязнения**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| point | геологическая точка(п.1.1.1.1.8) |
| cadastretype | кадастровый тип земли (п.1.1.1.1.5) |
| groundpollution | ближайшая наземная точка загрязнения (п.1.1.1.1.15) |
| pointtime | интервал времени, за который загрязнение с грунтовыми водами достигнет точки – прогнозируемая (вычисляемая) величина, измеряется в сутках |
| concentration | концентрация нефтепродукта в грунтовых водах опорной точки – прогнозируемая (вычисляемая) величина, измеряется в миллиграммах на дециметр куб. |

* + - * 1. **Физико-химические свойства воды (WaterType)**

**Физико-химические свойства воды** –справочник основных свойств воды. Свойства понятия **Физико-химические свойства воды** описаны в табл. 17.

Табл. 17. Свойства понятия **Физико-химические свойства воды**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| type\_code | код справочника |
| name | Физико-химические свойства воды |
| viscocity | вязкость воды, |
| density | плотность воды, кг**/**м3 |
| tension | коэффициент поверхностного натяжения воды, кг/с2 |
|  |  |

**1.1.1.2. Списки**

**1.1.1.2.1.Список координат (CoordinatesList)**

**Список координат** – коллекция координат (1.1.1.1.1), описывающих географический полигон.

**1.1.1.2.2. Список наземных точек загрязнения (EcoObjectsList)**

**Список наземных точек загрязнения** – коллекция природоохранных объектов (1.1.1.1.10).

**1.1.1.2.3.Список наземных точек загрязнения (GroundPollutionList)**

**Список наземных точек загрязнения** – коллекция наземных точек загрязнения (1.1.1.1.15), предположительно попавших в границы наземного пятна загрязнения.

**1.1.1.2.4.Список водных точек загрязнения (WaterPollutionList)**

**Список водных точек загрязнения** – коллекция водных точек загрязнения (1.1.1.1.16), предположительно попавших в водное пятно загрязнения.

**1.1.1.3. Результаты прогнозирования**

**1.1.1.3.1. Наземное пятно загрязнения (GroundBlur)**

**Наземное пятно загрязнения -** понятие, описывающее поверхностное (наземное) загрязнение географического полигона земли, полученное в результате разлива нефтепродуктов. Свойства понятия **Наземное пятно загрязнения** описаныв  табл. 18.

Табл. 18. Свойства понятия  **Наземное пятно загрязнения**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| spreadpoint | разлив нефтепродуктов(п.1.1.1.1.12) |
| bordercoordinateslist | список координат (п.1.1.1.2.1), определяющий границы наземного пятна загрязнения; список формируется с помощью процедуры GroundBlur.**createbordercoordinateslist;** в том случае, если разлив подземный, то список содержит единственную координату – координату разлива нефтепродуктов |
| radius | радиус наземного пятна; радиус вычисляется с помощью процедуры **GroundBlur. calcradius**; если разлив подземный радиус равен 0; если разлив нефтепродуктов произошел на ровной поверхности и предполагается, что пятно является правильным кругом, то radius – это радиус круга; в других случаях – это усредненное расстояние от центра до координат из списка bordercoordinateslist; единица измерения - метры |
| square | площадь наземного пятна; площадь вычисляется с помощью процедуры **GroundBlur. calcsquare**;  ф.(1) методика расчета и пример1, где Fz = 5 м-1 ; Fz – (1.1.1.1.14); единица измерения – метры квадратные |
| ecoobjectslist | список природоохранных объектов (1.1.1.2.2), попавших в границы наземного пятна загрязнения; список формируется с помощью **GroundBlur. createecoobjectslist** |
| pollutionlist | список наземных точек загрязнения (1.1.1.2.3) входящих в наземного пятна загрязнения; список формируется с помощью процедуры GroundBlur.**create** **pollutionlist;** |
| totalmass | масса пролива (т); вычисляется полная масса пролитого загрязнителя по (4) (см. методика + пример); единица измерения – кг;  выводится в т (тоннах) |
| petrochemicalheight | высота слоя разлитого нефтепродукта (м) |
| limitadsorbedmass | Максимальная возможная масса адсорбции нефтепродукта грунтами зоны аэрации (т) |
| adsorbedmass | Адсорбированная масса нефтепродукта грунтовым слоем (т); вычисляется по (7) (см. методика + пример), где m, (1.1.1.1.2), , (1.1.1.1.3), , , (для воды - нет справочника!); единица измерения – кг;  выводится в т (тоннах) |
| restmass | Масса нефтепродукта, достигшая уровня грунтовых вод ; единица измерения – кг; выводится в т (тоннах) |
| depth | Глубина проникновения нефтепродукта в грунтах зоны аэрации вычисляется по (8) (см. методика + пример), равна или ; единица измерения - метры |
| concentrationinsoil | Концентрация нефтепродукта в грунтах зоны аэрации вычисляется (8’), (8’’) как отношение массы поглощенного в грунте нефтепродукта к объему загрязненного грунта; единица измерения – кг/м3 |
| speedvertical | вертикальная скорость проникновения нефтепродукта в грунт |
| dtimemaxwaterconc | Интервал времени достижения максимальной концентрации нефтепродукта на границе грунтовых вод, после достижения фронта загрязнения уровня грунтовых вод |
| timewatercompletion | Интервал времени достижения нефтепродуктом грунтовых вод вычисляется как время инцидента + , по (4’); единица измерения – с; выводится в формате ДатаВремя |
| timemaxwaterconc | Интервал времени достижения максимальной концентрации нефтепродукта на уровне грунтовых вод вычисляется как время инцидента + + время полного вытекания НП в грунтовые воды (7’,7’’); единица измерения – с; выводится в формате ДатаВремя |
| maxconcentrationinwater | Максимальная концентрация нефтепродукта в грунтовых водах вычисляется по (22); единица измерения – кг/м3; выводится в мг/л |
| comment | Комментарий |
| avgheight | средняя глубина грунтовых вод под пятном по опорным точкам |

**1.1.1.3.2. Водное пятно загрязнения (WaterBlur)**

**Водное пятно загрязнения -** понятие, описывающее подземное (на уровне грунтовых вод) загрязнение географического полигона земли, полученное в результате разлива нефтепродуктов. Свойства понятия **Водное пятно загрязнения** описаныв  табл. 19.

Табл. 19. Свойства понятия  **Водное пятно загрязнения**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| spreadpoint | разлив нефтепродуктов(п.1.1.1.1.12) |
| bordercoordinateslist | список координат (п.1.1.1.2.1), определяющий границы наземного пятна загрязнения; список формируется с помощью процедуры GroundBlur.**createbordercoordinateslist;** в том случае, если разлив подземный, то список содержит единственную координату – координату разлива нефтепродуктов |
| radius | радиус наземного пятна; радиус вычисляется с помощью процедуры **GroundBlur. calcradius**; если разлив подземный радиус равен 0; если разлив нефтепродуктов произошел на ровной поверхности и предполагается, что пятно является правильным кругом, то radius – это радиус круга; в других случаях – это усредненное расстояние от центра до координат из списка bordercoordinateslist; единица измерения - метры |
| square | площадь наземного пятна; площадь вычисляется с помощью процедуры **GroundBlur. calcsquare**;  (по ф. (1) методика расчета+пример1, где Fz = 5 м-1  единица измерения – метры квадратные |
| ecoobjectslist | список природоохранных объектов (1.1.1.2.2), попавших в границы наземного пятна загрязнения; список формируется с помощью **GroundBlur. createecoobjectslist** |
| pollutionlist | список наземных точек загрязнения (1.1.1.2.3) входящих в наземного пятна загрязнения; список формируется с помощью процедуры GroundBlur.**create** **pollutionlist;** |

**1.1.1.3.3. Прогноз**  **(ECOForecast)**

|  |  |
| --- | --- |
| datewatercompletion | Дата достижения нефтепродуктом грунтовых вод вычисляется как время инцидента + , по (4’); единица измерения – с; выводится в формате ДатаВремя |
| datemaxwaterconc | Дата достижения максимальной концентрации нефтепродукта на уровне грунтовых вод вычисляется как время инцидента + + время полного вытекания НП в грунтовые воды (7’,7’’); единица измерения – с; выводится в формате ДатаВремя |

* + - 1. **Процедуры**

для которой вычислены характеристики загрязнения

**Опорная геологическая точка –** геологическая точка, для которой известны все ее геологические свойства (п.1.1.1.1.4). Свойства **Опорной геологической точки** описаны в табл. 11. .

**Коэффициент растекания нефтепродукта** – целочисленная величина, позволяющая получить площадь разлива нефтепродукта исходя из типа нефтепродукта, объема разлива, типа грунта, и угла наклона плоскости поверхности. Имеет размерность метр квадратный/метр кубический. Свойства понятия **Коэффициент растекания нефтепродукта** описанв  табл. 14.

* + 1. **Результаты прогнозирования** 
       1. **Наземное пятно загрязнения (GroundBlur)**

**Наземное пятно загрязнения** – понятие характеризующее загрязнение поверхности земли.. Свойства понятия **Наземное пятно загрязнения** описаны в табл. 20.

Табл. 20. Свойства понятия **Наземное пятно загрязнения**

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| spreadpoint | Разлив нефтепродукта (п.1.1.1.1.12) |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |



* + - * 1. **Наземная точка загрязнения**

**Наземная точка загрязнения** – понятие, определяющее геологическую точку с дополнительными свойствами, характеризующими степень ee загрязнения нефтепродуктами. Свойства понятия **Наземная точка загрязнения** описаны в табл. 21.

Табл. 21. Свойства понятия **Наземная точка загрязнения** (GroundPolution)

|  |  |
| --- | --- |
| Свойство | Пояснение |
| point | геологическая точка (п.1.1.1.1.4) |
| watertime | время достижения грунтовых вод в геологической точке в сутках |
| petrochemical | тип нефтепродукта загрязняющего геологическую точку (1.1.1.1.3) |
| concentration | концентрация нефтепродукта в точке |

* + - * 1. **Точка загрязнения грунтовых вод**