

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА НУР-СУЛТАН С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ.

¹Керімбай Нұржан Нұрбергенұлы, профессор кафедры космической техники и технологии, ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан. n.kerimbay@mail.ru

²Керімбай Баян Сүлейменқызы, докторант кафедры физической и экономической географии, ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

³Мақаш Клара Керімбаевна, ст.преп. кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

Аннотация: Загрязнение атмосферы является одним из основных факторов риска для здоровья и проблем санитарного состояния окружающей среды. В работе изучены возможности применения ГИС-технологии для задач мониторинга качества атмосферного воздуха. В настоящее время проведение экологического мониторинга считаются финансово-затратными. Поэтому эффективное использование ГИС технологии на основе программной продукции способствует более выгодному проведению контроля за качеством воздуха. Приведены результаты расчетов взвешивания обратно расстоянию IDW (Inverse distance weighted), в сочетании с возможностями ГИС. Новизна работы обусловлена возможностью обновления применяемого метода с целью определения уровня загрязнения атмосферы. Поэтому, рассматриваемый в этой работе метод интерполяции является не только односторонним, но и предлагается новая методика, используемая для повышения ее точности. Определена температура поверхности земли (Land surface temperature) по городу Нур-Султан в интерфейсе программы с помощью метаданных спутника Landsat 8; смоделирован уровень загрязнения атмосферного воздуха производственных территории в рамках программы ArcGIS в 2018 году; составлена схема распределения загрязняющих веществ с учетом температуры поверхности Земли через метод взвешивания обратно расстоянию.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, GIS-технология, IDW, ИЗВ, загрязняющие вещества.

ANALYSIS OF ATMOSPHERE POLLUTION OF THE CITY OF NUR-SULTAN USING GEOINFORMATION TECHNOLOGY.

Annotation: Atmospheric pollution is one of the main risk factors for health and environmental health problems. The paper explores the possibility of using GIS technology for monitoring air quality. Currently, environmental monitoring is considered financially costly. Therefore, the effective use of GIS technology based on software products contributes to a more favorable conduct of monitoring air quality. The results of calculations of weighing back to distance IDW (Inverse distance weighted), in combination with the capabilities of GIS, are given. The novelty of the work is due to the possibility of updating the method used to determine the level of air pollution. Therefore, the interpolation method considered in this paper is not only one-sided, but a new technique is also used, which is used to increase its accuracy. The Earth surface temperature was determined in the city of Nur-Sultan in the program interface using the Landsat 8 satellite metadata; the level of air pollution in the production areas was modeled as part of the ArcGIS program in 2018; A map has been drawn up of the distribution of pollutants taking into account the temperature of the Earth's surface through the method of weighing back to distance.

Keywords: air pollution, GIS-technology, IDW, API, pollutants.

Методы и материалы: Цель работы: наглядное представление атмосферного состояния города Нур-Султан. Применялись ГИС-технология, метод взвешивания обратно расстоянию IDW (Inverse distance weighted). ГИС-технология проводит сбор и анализирует данные для контроля процесса загрязнения, а моделирование загрязнения воздуха в большей степени может достигать определенных результатов на основе решения множественных численных алгоритмов и дифференциальных уравнений с помощью компьютерных программ. Эффективность ГИС также включает: возможность отображения и длительного хранения данных в его структуре. В начале работы следует уточнить температурные изменения в городе Нур-Султан. Для достижения этой цели необходимо рассмотреть космическое изображение 2018 года, полученное из спутника Landsat 8. Изображение можно загрузить с общего сайта Earth Explorer или USGS (United States Geological Survey) (табл.1)

Табл. 1. Характеристика спутника Landsat 8 [1]

Применяемые инструменты	
OLI	TIRS
OLI и TIRS каналы	
Каналы	длина
1 (поверхностный)	0,435-0,451
2 (синий)	0,452-0,512
3 (зеленый)	0,533-0,590
4 (красный)	0,636-0,673
5 (БИК)	0,851-0,879
6 (SWIR-1)	1,566-0,651
7 (SWIR-2)	2,107-2,294
8 (панхром.)	0,503-0,676
9 (Cirrus)	1,363-1,384
10 (TIR-1)	10,60-11,19
11 (TIR-2)	11,50-12,51

В первую очередь, для изображения Нур-Султан 2018 будет использоваться Десятый канал, то есть температурный канал. Удобнее использовать этот канал для указания температурных изменений. Все расчеты осуществляются с помощью Raster Calculator.

Для этой цели Landsat 8 температурный радиус поверхности атмосферы с помощью специфических метаданных (top of atmosphere radiance) является следующим образом [2]:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L, \quad (1)$$

Где L_{λ} -температурный радиус поверхности атмосферы;

M_L -отдельная множительная величина для канала в метаданных (radiance_mult_band_x);

Q_{cal} -отдельная соединительная величина для канала в метаданных (radiance_add_band_x);

A_L - стандартная величина пиксель.

Температура поверхности земли в программе записывается следующим образом (Рис.1):

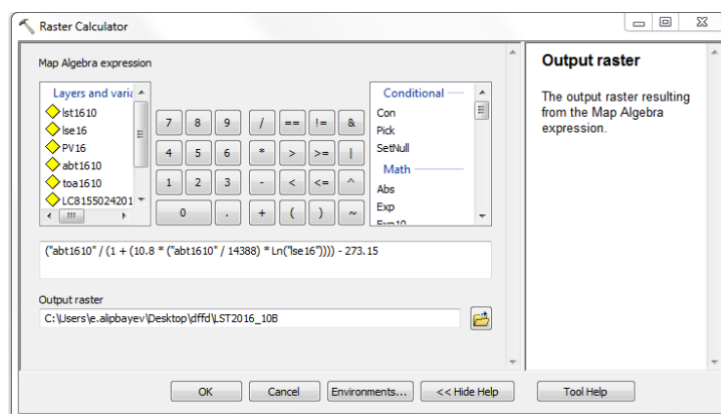


Рисунок 1. Определение температуры поверхности земли в интерфейсе программы.

Тогда при пространственном анализе космического снимка можно наблюдать ежегодное изменение t-ры города Нур-Султан к 2018 году (Рис. 2)

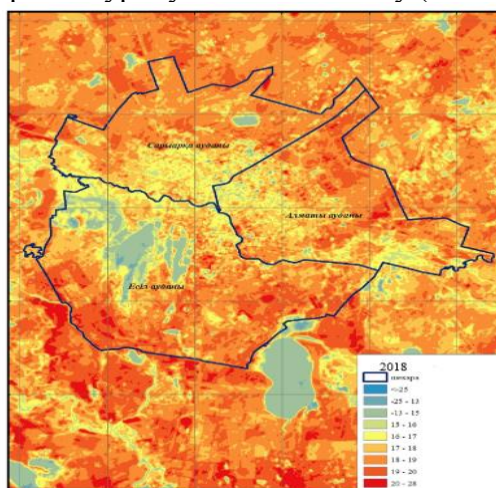


Рисунок 2. Изменение температуры города Нур-Султан.

На основании полученного выше результата для определения вероятности распространения общей концентрации загрязняющих элементов города Нур-Султан за 2018 год используется метод Interpolation на панели оборудования Spatial Analyst программы ArcMap. IDW (Inverse distance weighted) – взвешивание обратно расстоянию – алгоритм пространственной интерполяции, в котором интерполируемое значение вычисляется как взвешенная сумма известных значений, и если расстояние от исходной точки до интерполируемой равно R, то ее вес принимается равным $1/R$ [3,4,5].

Внутри IDW (Inverse distance weighted) для характеристики уровня загрязнения применяется любой эффективный метод. IDW – это самый главный способ интерполяции. То есть, если каждая ячейка имеет определенную величину, то у ближайших к ней ячеек будет больше размеров. Это также дает вес в зависимости от числового значения ячейки. Условия применения данного метода [3]:

- Иметь набор определенных точек максимальных и минимальных величин;
- Интерполяция осуществляется только между точками;
- Достаточность характеристик точек.

В целом, метод IDW дает правильные результаты как при рассмотрении другого метода интерполяции, так и по определенной настройке (default setting) [4,5]. В целом за эти годы наблюдались особенности на уровне загрязнения атмосферного воздуха. В частности, индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) поднялся в несколько раз выше (Рис.3).

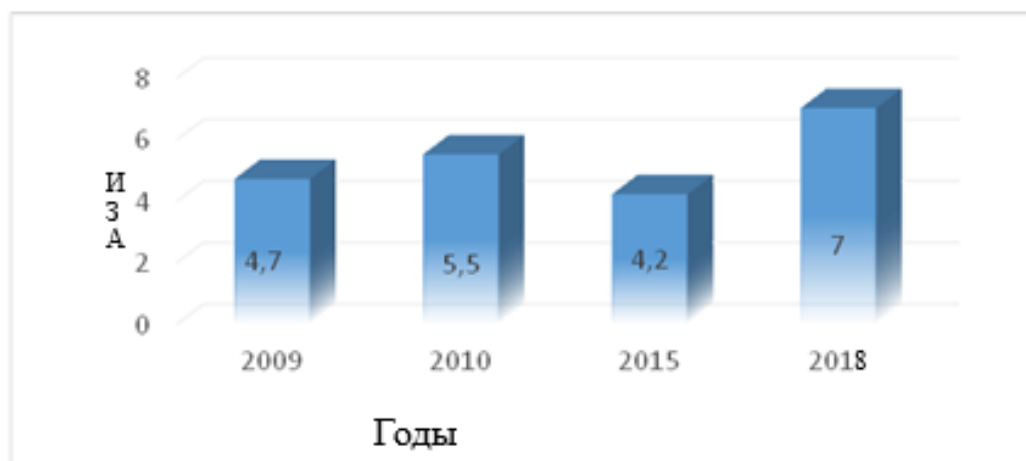


Рисунок 3. Диаграмма изменения ИЗВ в течение 2009-2018гг. [4].

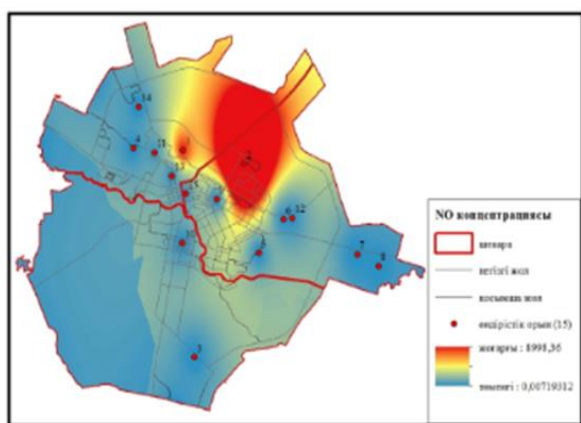
С применением данного подхода, на основе таблицы был проведен анализ по объемам четырех загрязняющих веществ за 2018 год. Величина данной таблицы получена по ежегодному информационному бюллетеню организации Казгидромет. Следует отметить, что эта таблица была построена в Excel, а затем экспортирована в программу Агстар (версия на английском языке) (Таблица 2).

Таблица 2. Концентрация загрязняющих веществ, выбрасываемых с производственных мест города Нур-Султан в 2018 году [6].

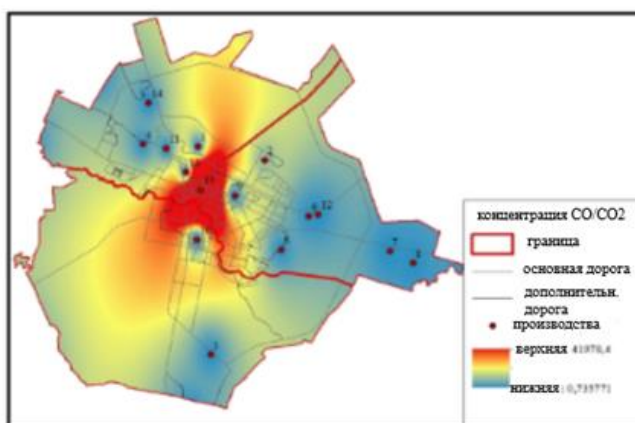
№	x	y	name of industrial object	business identification number	address	number of employees	concentration of SO ₂	concentration of CO/CO ₂	concentration of SO/SO ₂
1	71.2004009	71.4280258	ТЭЦ-1	41140002011	Актив. калкан, Северная улица	327	2227,4032	92,89400000	3214,380000
2	71.18002278	71.58806111	ТЭЦ-2	41140002011	Актив. калкан, Алма-Атинская	878	8998,302465	1474,240845	18121,245
3	71.04276111	71.4036028	Промышленный кластер	41140002011	Актив. калкан, Елиз. улица	122 (жители)	8,297348	71,703880	27,703120
4	71.20027222	71.583572	УЗТЭК	41140002011	Актив. калкан, Северная улица	122 (жители)	8,021988	71,344820	26,807168
5	71.1210278	71.52424187	Промышленный кластер	41140002011	Актив. калкан, Алма-Атинская	122 (жители)	8,48061	75,38320	28,40891
6	71.14402083	71.5810258	Жилищно-коммунальный кластер	41140002011	Актив. калкан, Алма-Атинская	122 (жители)	8,247863	82,34323	28,88113
7	71.11717222	71.62587722	Жилищно-коммунальный кластер	41140002011	Актив. калкан, Алма-Атинская	122 (жители)	4,116517	56,593910	34,231890
8	71.10748233	71.68022778	Жилищно-коммунальный кластер	41140002011	Актив. калкан, Алма-Атинская	122 (жители)	5,722358	50,889885	18,181400
9	71.167788	71.470852	АОЗТ «Нур-Султан»	70 740 007 125	Актив. калкан, Таврическая, 1	42	0,064224	0,014310	0
10	71.131027	71.420884	АОЗТ «Казгидромет»	31 040 000 272	Актив. калкан, 2. Коммунальная, 10	1453	8,334762	107,243038	21,17941
11	71.200408	71.581129	АОЗТ «Казгидромет»	31 040 001 789	Актив. калкан, 2. Коммунальная, 10	20 088	88,7804276	44,1772482	11,70132823
12	71.147313	71.54861	ЭО-8 микрорайон коммунального обслуживания	20141004024	Актив. калкан, Степная улица, 8	288	8,298319	12,247784	2,3477488
13	71.1800258	71.4103333	АОЗТ «Астанаэлектроснабжения»	841003452	Актив. калкан, Айыт-Атинская, 25	281 (жители)	0,352	1,2282	0,22
14	71.1208444	71.3728444	АОЗТ «Астанаэлектроснабжения»	841003452	Актив. калкан, СТУС НОС, Автодорожная	281 (жители)	0,0046	0,7545	0,0028
15	71.188024	71.430343	«Казгидромет»	8100	Актив. калкан, Айыт-Атинская, 4	241	86,6884242	41882,1248	5,884361118

По данному графику также измерена концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе от отобранных на этот раз производственных мест города. Данные величины также взяты из бюро экологической информации Республики Казахстан. Поэтому, по таблице, были получены основные уровни загрязнения окружающей среды компаниями за год в полном объеме и проанализированы три вида (1 - NO, 2 – SO/SO₂, 3 – CO/CO₂) [7].

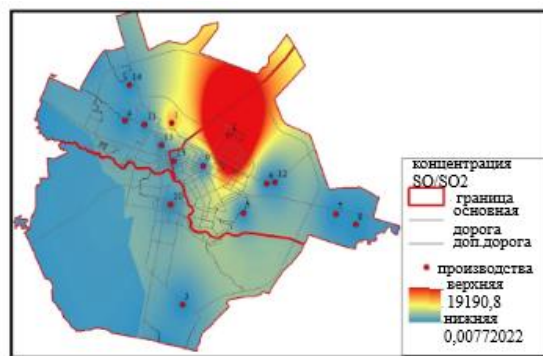
Индекс атмосферного загрязнения также можно наблюдать по карте, составленной в специальной программе ArcGIS. На основе этой карты использовались статистические данные трех загрязняющих веществ NO, CO/CO₂, SO/SO₂ (Рис.4 а,б,в).



а



б



В

Рисунок 4. а) распространение NO, б) CO/CO₂, в) SO/SO₂ в атмосфере города Нур-Султан.

Выводы: В результате проведения анализа загрязнения атмосферы города Нур-Султан с применением геоинформационных технологий в 2018 году:

1. Проведено изучение и систематизация опубликованных, картографических и статистических материалов по экологическому мониторингу атмосферного загрязнения за 2018 год, данных ДЗЗ. На основе сбора и систематизации данных создана информационная база данных по загрязнению воздуха, мониторинговым экологическим данным за 2018 год, материалам дистанционного зондирования города Нур-Султан.
2. Проанализированы современные методы исследований загрязнения атмосферы, метод взвешивания обратно расстоянию (Inverse distance weighted) IDW.
3. На основе применения ГИС-технологии и метода взвешивания обратно расстоянию IDW (Inverse distance weighted) построена диаграмма изменения ИЗВ в течение 2009-2018гг., карта изменения t-ры города Нур-Султан за 2018г., проведен анализ распространения NO, CO/CO₂ и SO/SO₂ в атмосфере.

Анализ показал, что за эти годы общая концентрация загрязнителей удвоилась и в 2018 году наряду с предыдущими годами от производственных мест ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и их котельных занимают значительное место в загрязнении воздуха. Одной из задач, поставленных в ходе выполнения данной работы, была демонстрация возможностей программы ГИС технологий. А для четкого рассмотрения его характеристики за основу взяты несколько команд, расположенных на панели программы. По результатам полученных результатов, концентрация загрязняющих веществ в производственных помещениях будет максимальной по показателю 2018 года только от установок «Астана - Энергия».

Литература:

1. Using the USGS Landsat 8 product [Электронный ресурс]: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>
2. Landsat 8 (L8) data users handbook // Department of the Interior U.S. Geological Survey. – March 29, 2018.
3. Surface Interpolation Methods [Электронный ресурс]: http://www.nrem.iastate.edu/class/assets/nrem446_546/week9/Surface_interp_tools.doc20
4. How Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation works <https://pro.arcgis.com/r>
5. Интерполяция обратного взвешивания (IDW) <https://gisgeography.com/>
6. Информационно аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности по г. Астана за 1 полугодие 2018 года // Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. – 2018. – 87 с.
7. Центр по экологическому состоянию по городу Астана. [Электронный ресурс]: <http://astana.gov.kz/ru/modules/material/11214>