

УДК 502.1:55:004(476.1-21)

Александр СЕМЕНЮК,  
старший преподаватель

Александр КАРПИЧЕНКО,  
кандидат географических наук, доцент

Николай ЧЕРТКО,  
доктор географических наук, профессор

Кафедра почвоведения и земельных информационных систем географического факультета БГУ

## Оценка экологического состояния территории города Молодечно с помощью ГИС-технологий

В статье рассмотрена методика оценки экологического состояния урбанизированных территорий в муниципальной ГИС г. Молодечно с помощью программного комплекса ArcGIS, основанная на данных о загрязнении атмосферного воздуха и почв, а также приводятся результаты пространственного анализа экологического состояния разных частей города

### Введение

В предыдущей статье (Земля Беларуси, №2, 2016) мы рассмотрели оценку комфортности проживания городского населения с точки зрения географической доступности объектов социальной инфраструктуры. Вместе с тем на комфортность проживания населения влияют и другие факторы, в том числе состояние окружающей среды.

Влияние загрязнения атмосферного воздуха, воды и почв вредными веществами, а также шумового загрязнения на жизнь горожан меняется от города к городу и зависит от его промышленной специализации, развития транспортной инфраструктуры и ряда климатических параметров, таких, как роза ветров. Поэтому при оценке комфортности проживания населения различные авторы делают акцент на разные экологические показатели. Так, методика оценки комфортности проживания населения, предложенная научным коллективом МГУ для исследования г. Москвы [4], учитывает уровень загрязнения атмосферы, воды, почв, уровень физического загрязнения и качество продуктов питания. Для оценки комфортности

проживания населения г. Алматы А. Даулабаева и М. Филипова [3] используют данные по рельефу, ветровому режиму и загрязнению атмосферы, влияние которых на результирующее значение определяется по матрице Т. Саати. Проводя оценку комфортности проживания населения на региональном уровне, И.Е. Салякин [7] учитывает ряд медико-экологических факторов: загрязнение атмосферы, водоемов, загрязнение отходами, смертность, заболеваемость по различным нозологиям, распространение алкоголизма и наркомании. Вместе с тем существует множество работ, посвященных комплексному экологическому анализу отдельных городов, в особенности тех, в которых загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями является серьезной проблемой [8].

Цель данного исследования – проведение оценки экологического состояния территории г. Молодечно в рамках оценки комфортности проживания городского населения в муниципальной ГИС с помощью программного комплекса ArcGIS. ГИС-технологии позволяют быстро строить интерпо-

ляционные поверхности загрязнения и проводить эффективный поиск возможных источников загрязнения по другим имеющимся на эту территорию массивам данных. При этом следует отметить, что методика проводимой оценки была продиктована не столько уровнем загрязнения территории г. Молодечно отдельными веществами, сколько доступностью данных о загрязнении атмосферного воздуха рядом соединений и возможностью проведения собственных исследований содержания тяжелых металлов в почвенном покрове города.

### Основная часть

Загрязнение атмосферного воздуха в г. Молодечно создается выбросами от стационарных источников предприятий и мобильных источников (транспорт). Несмотря на сложное экономическое положение, которое испытывают многие предприятия города, выбросы от стационарных источников являются важным фактором загрязнения воздушного бассейна неметановыми летучими органическими соединениями, оксидом углерода, твердыми веществами и диоксидом серы в производственной зоне



г. Молодечно. Основная часть выбросов неметановых летучих органических соединений приходится на ЗАО «Молодечно-мебель», завод металлоконструкций и СП «Минский мебельный центр» ООО. Наибольший вклад в выбросы в атмосферный воздух города оксида углерода стационарными источниками вносится ОАО «Спецстроймеханизация», районной котельной №2 и мини-ТЭЦ, СП «Минский мебельный центр» ООО, пищевым комбинатом и филиалом «Молодечножелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер». Главными загрязнителями воздушного бассейна города твердыми веществами являются ОАО «Спецстроймеханизация», комбинат хлебопродуктов, литейный завод и ЗАО «Молодечно-мебель». Наиболее значимы по выбросам диоксида серы стационарные источники локомотивного депо, районная котельная №2 и мини-ТЭЦ. Мобильные источники вносят основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха диоксидом азота [6].

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха, создаваемого выбросами стационарных источников предприятий и мобильных источников на транспортных магистралях г. Молодечно, были использованы результаты исследований, проведенных РУП «Бел НИЦ «Экология» в 2012 г. Полученные с помощью унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (версия 3.0, вариант «Стандарт») карты были оцифрованы и добавлены в ГИС г. Молодечно.

Концентрация диоксида серы в воздушном бассейне г. Молодечно не превышает нормы и изменяется от 0,2

до 0,4 предельно допустимой концентрации (ПДК) (рисунок 1). Наибольшее содержание диоксида серы в атмосферном воздухе выявлено на юго-западе города, где сказывается влияние промзоны в Здемелево, а также на северо-западе (территория к северу от локомотивного депо) и востоке г. Молодечно (район завода металлоизделий).

Загрязнение воздушного бассейна твердыми частицами зафиксировано на электромеханическом заводе на юге города (превышение ПДК более чем в 2 раза), на территории ООО «Белхол» и ОАО «Энэф» в Здемелево (до 2 ПДК) и в районе локомотивного депо на северо-западе Молодечно (до 1,5 ПДК) (рисунок 2).

Превышение ПДК неорганической пыли с содержанием SiO<sub>2</sub> менее 70 % в атмосферном воздухе более чем в 2 раза выявлено на территории ОАО «Спецстроймеханизация» на востоке города, превышение ПДК в 1-1,5 раза – в районе литейного завода на северо-востоке г. Молодечно, а также в санитарно-защитных зонах районной котельной №2 в центре, мини-ТЭЦ и филиала «Молодечножелезобетон» ОАО «Кричевцементношифер» на юго-западе (рисунок 3).

Проведение на территории предприятий окрасочных работ сопровождается выделением в воздушный бассейн города ряда летучих органических соединений, типичным представителем которых является ксилол [6]. Превышение ПДК ксилола более чем в 2,5 раза зафиксировано на электромеханическом заводе (юг Молодечно), более чем в 1,5 раза – на территории транспортной компании СОАО «АТЭП-5» (центр) и локомотивного депо (северо-запад), до 1,5 раза – в промышленной

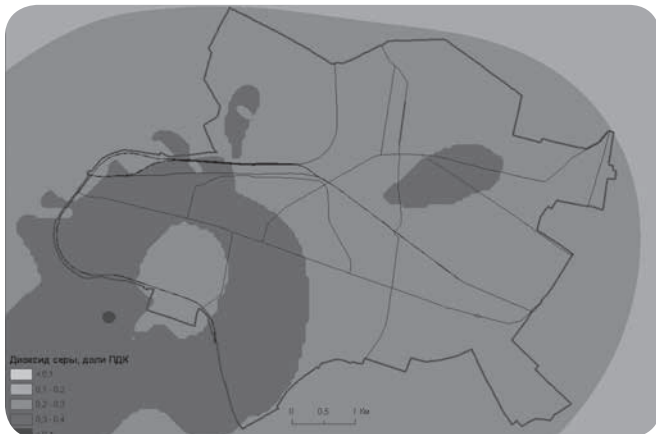


Рисунок 1 – Карта приземных концентраций диоксида серы



Рисунок 3 – Карта приземных концентраций неорганической пыли

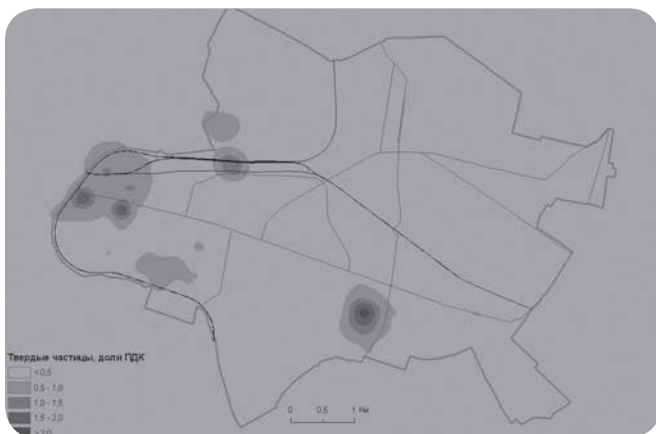


Рисунок 2 – Карта приземных концентраций твердых частиц

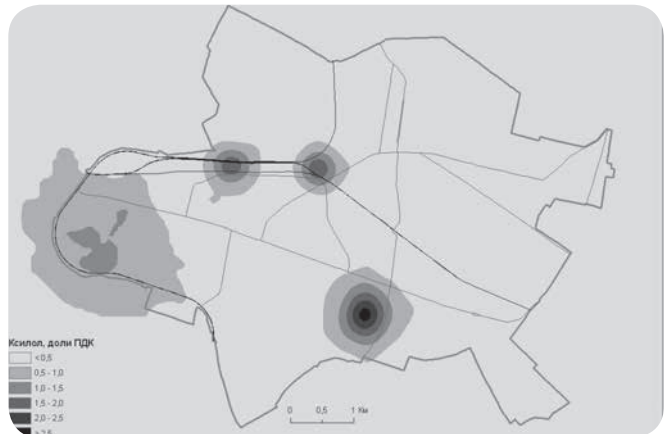


Рисунок 4 – Карта приземных концентраций ксилола

зоне в Здемелево (юго-запад города) (рисунок 4).

Карты расчетных изолиний приземных концентраций оксида углерода и формальдегида в г. Молодечно представлены на рисунках 5 и 6. Превышение ПДК данных веществ в атмосферном воздухе города не выявлено. Содержание оксида углерода и формальдегида на территории промышленных предприятий не превышает 0,15 ПДК, в то время как вдоль транспортных магистралей оно изменяется от 0,10 до 0,20 ПДК для оксида углерода и от 0,10 до 0,35 ПДК для формальдегида. Наибольшее содержание обоих веществ в воздушном бассейне г. Молодечно зафиксировано на загруженной транспортом улице Виленской в районе путепровода через железную дорогу Минск – Вильнюс.

Загрязнение атмосферного воздуха города диоксидом азота в первую очередь обусловлено мобильными источниками (рисунок 7). Среди стационарных источников загрязнения превышение ПДК (в 1,25 раза) выявлено лишь на территории электромеханического завода на юге г. Молодечно. Наиболее загрязненными диоксидом азота участками улично-дорожной сети города являются отрезки улицы Великий Гостинец от Магистральной до Городокской (превышение ПДК почти в 2 раза) и от Машерова до Виленской (1,50 ПДК), а также отрезок улицы Виленской от Волынца до Черняховского (1,50 ПДК).

В целом состояние атмосферного воздуха г. Молодечно является удовлетворительным. Превышения ПДК загрязняющих веществ на ряде промышленных предприятий, как правило, за пределами их санитарно-защитных зон не фиксируются, а выбросы диоксида азота мобильными источниками оказывают негативное влияние только на прилегающую к основным транспортным магистралям жилую застройку.

Ландшафтная оболочка Земли характеризуется сложными процессами круговорота и миграции химических элементов. В условиях города они претерпевают существенные изменения. Загрязнение окружающей среды выбросами промышленных предприятий, транспорта, отходами производства и жизнедеятельности человека обуславливают заметное влияние техногенеза на перераспределение вещества и энергии в урбандиапозах. Последние характеризуются нарушениями в процессах миграции и круговорота химических элементов, накоплением рассеянных в природной среде и искусственно синтезированных в результате производственной деятельности веществ. Исследование содержания опасных для живых организмов веществ в урбандиапозах посредством проведения геохимического анализа проб почв позволяет выявить уровень загрязнения и оценить экологическое состояние городской среды.

Для оценки экологического состояния г. Молодечно был проведен геохимический анализ образцов почв на содержание в них тяжелых металлов (медь, свинец, марганец, никель, олово, титан, хром). Отбор образцов производился в июне 2016 г. в 44 точках на территории города и на некотором удалении от него во всех функциональных зонах и группах урбандиапозов пропорционально их распространению в городе (рисунок 8). Отобранные с глубины 5-15 см смешанные образцы почв высушивались до воздушно-сухого состояния, просеивались через сито с размером ячейки 1 мм, взвешивались и озолялись в муфельной печи 3 часа при температуре 440-450 °С. Озоленные пробы охлаждались в эксикаторе, взвешивались для определения потерь

при прокаливании и растирались до пудрообразного состояния. Потери при озолении составили в среднем 5,7 % для минеральных почв, для осушенного торфяника – 56,0 %, для неосушенного – 73,8 %. Анализ валового содержания тяжелых металлов в почвах производился на многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре ЭМАС-200ДДМ в дуге переменного тока в научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов Белорусского государственного университета. Статистическая обработка результатов анализа проводилась в пакетах Microsoft Excel и Statsoft Statistica 6.0. Таблица валового содержания исследуемых элементов в об-

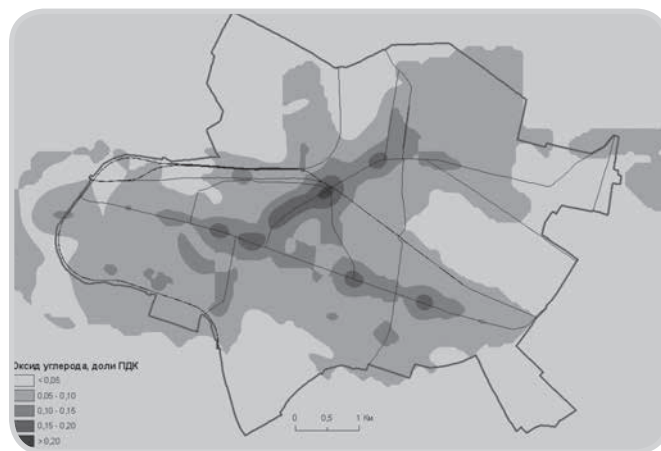


Рисунок 5 – Карта приземных концентраций оксида углерода

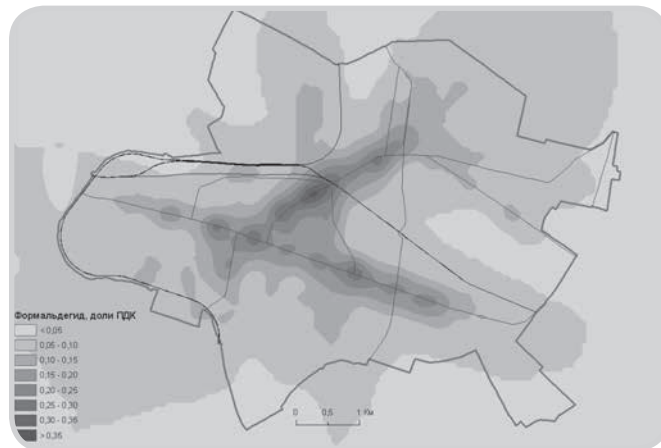


Рисунок 6 – Карта приземных концентраций формальдегида

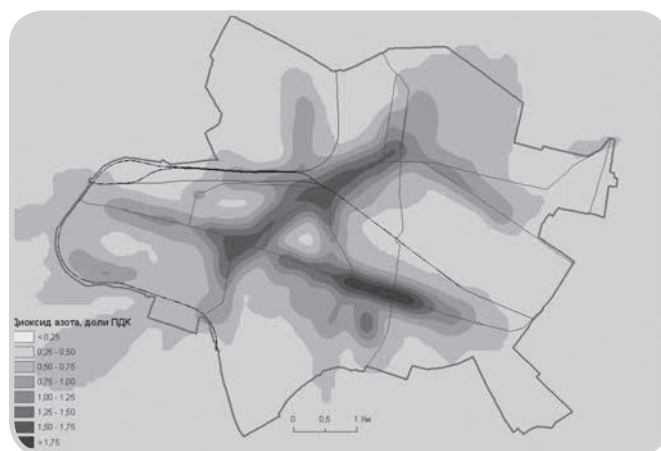


Рисунок 7 – Карта приземных концентраций диоксида азота





разцах почв была соединена в ArcGIS с базой данных ГИС г. Молодечно, в результате чего с помощью модуля Spatial Analyst получены карты распределения меди, свинца, марганца, никеля, олова, титана и хрома в почвах.

Для соотнесения уровня загрязнения территории перечисленными выше химическими элементами с их опасностью для живых организмов использовались значения фонового содержания и ПДК данных тяжелых металлов в воздушно-сухой почве, приведенные в таблице [1, 5]. ПДК для олова и титана не установлены.

Таблица – Фоновое содержание и ПДК тяжелых металлов, мг/кг

Химические элементы	Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Фон	13	12	247	20	–	1562	36
ПДК	33	32	1000	20	–	–	100

Распределение меди в почвах г. Молодечно неравномерно (рисунок 9). Превышение ПДК меди в 1,40 раза зафиксировано на улице Мариганова (жилая усадебная застройка на западе г. Молодечно), в 1,24 раза – на улице Великосельской (усадебная застройка на востоке города) и в 1,13 раза – к юго-востоку от завода порошковой металлургии, что может быть связано с производством на данном предприятии бронзового и медного порошка. Валовое содержание меди, более чем в 2,00 раза превышающее фоновое, но не достигающее ПДК, отмечено в районе железнодорожного вокзала и на пересечении переулка Лугового и улицы Лермонтова (жилая усадебная застройка на северо-востоке г. Молодечно, к северу от военной части и территории бывшего аэродрома). Южная часть г. Молодечно, занятая многоквартирной застройкой и рекреационными территориями, в целом характеризуется концентрация-

ми меди, близкими к фоновой.

Картина распределения свинца в почвах г. Молодечно сходна с таковой для меди (рисунок 10). На юге г. Молодечно валовое содержание свинца в почве в целом близко к фоновому, на севере города его концентрация увеличивается. Превышение ПДК свинца в 2,30 раза выявлено в районе железнодорожного вокзала и в 1,25 раза – у завода металлоизделий на востоке г. Молодечно, еще в семи точках были зафиксированы значения, в 2,00 раза превышающие фоновые, но не достигающие ПДК (преимущественно в производственной и жилой усадебной зоне).

Распределение марганца в почвах г. Молодечно мозаично, что может быть связано с их кислотно-щелочными свойствами и окислительно-восстановительной обстановкой, влияющими на накопление и рассеивание данного элемента (рисунок 11). Хотя превышение ПДК марганца в почвах г. Молодечно не обнаружено, в 43 % смешанных образцов содержание данного тяжелого металла более чем в 2 раза превышает фоновое. Наибольшие концентрации марганца выявлены в квартале жилой многоквартирной застройки к востоку от бывшего



Рисунок 8 – Карта точек отбора образцов почв в г. Молодечно



Рисунок 9 – Распределение меди в почвах г. Молодечно, мг/кг

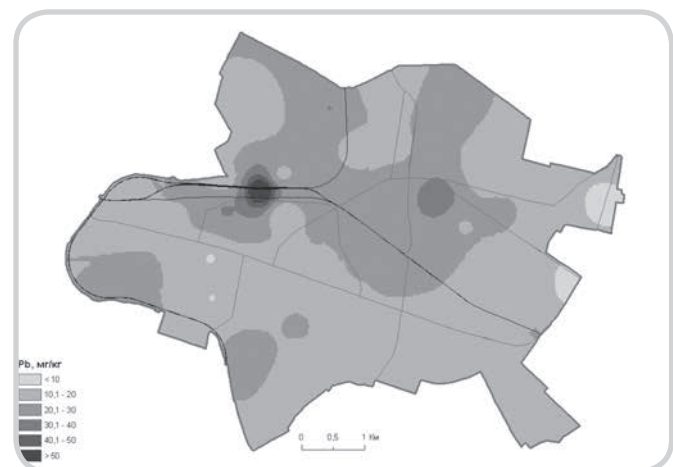


Рисунок 10 – Распределение свинца в почвах г. Молодечно, мг/кг

радиозавода «Спутник» и у завода металлоконструкций на западе г. Молодечно, а также в микрорайоне №4 на юге и среди жилой усадебной застройки на северо-востоке города.

Распределение никеля в почвах г. Молодечно характеризуется повышенным содержанием в северной и западной части города и пониженным – на юге (рисунок 12). Превышение ПДК никеля в 3,20 раза зафиксировано в районе завода металлоизделий и в 1,40 раза – в агроландшафте к северо-западу от границы города (южнее находится пункт приема металлолома ОАО «Белвторчермет»). В трех точках на востоке г. Молодечно (жилая застройка, а также к юго-востоку от завода порошковой металлургии) содержание никеля в почве близко к ПДК. Повышенное содержание никеля также выявлено в районе железнодорожного вокзала, в промзоне на юго-западе г. Молодечно, под путепроводом через железную дорогу и в квартале жилой усадебной застройки на северо-востоке города.

Картина распределения олова в почвах г. Молодечно сходна с таковой для меди и никеля, однако характеризуется меньшей контрастностью (рисунок 13). Наибольшая концентрация олова выявлена у завода порошковой металлургии на востоке города, что обусловлено производством изделий из бронзы. Повышенное содержание данного элемента в почве отмечено также у завода металлоизделий, в зоне жилой усадебной застройки на северо-востоке г. Молодечно и в агроландшафте севернее ОАО «Белвторчермет».

Распределение титана в почвах г. Молодечно мозаично (рисунок 14). Максимальные концентрации данного элемента отмечены в южной, западной и центральной части города. Вместе с тем только в четырех смешанных образцах содержание тяжелого металла превышает фоновое более чем в 2 раза (жилая застройка на юге, завод металлоконструкций на западе, районная котельная №2 и нефтебаза в центре г. Молодечно), поэтому нельзя с полной достоверностью связать повышенные концентрации титана с техногенным воздействием. Они также могут быть вызваны генезисом почвообразующих пород (в южной части г. Молодечно распространены морены) или подсыпкой грунта при строительстве.

Картина распределения хрома в почвах г. Молодечно сходна с таковой для марганца и характеризуется повышенным содержанием тяжелого металла в северо-восточной, западной и южной части города и пониженным – на северо-западе и в центре (рисунок 15). Единственное превышение ПДК хрома (в 1,08 раза) выявлено в районе жилой усадебной застройки на северо-востоке г. Молодечно, севернее военной части и территории бывшего аэродрома (в данной точке были также отмечены повышенные концентрации меди, свинца, марганца, никеля и олова).

В целом экологическое состояние почв г. Молодечно можно оценить как удовлетворительное. Северная часть города, занятая преимущественно жилой усадебной застройкой, и промзона на западе г. Молодечно отличаются повышенным содержанием в почве исследуемых элементов, в то время как расположенные на юге микрорайоны многоквартирной застройки характеризуются более чистыми почвами. Возможно, определенный вклад в такое распределение тяжелых металлов внесли особенности преобладающих почвообразующих

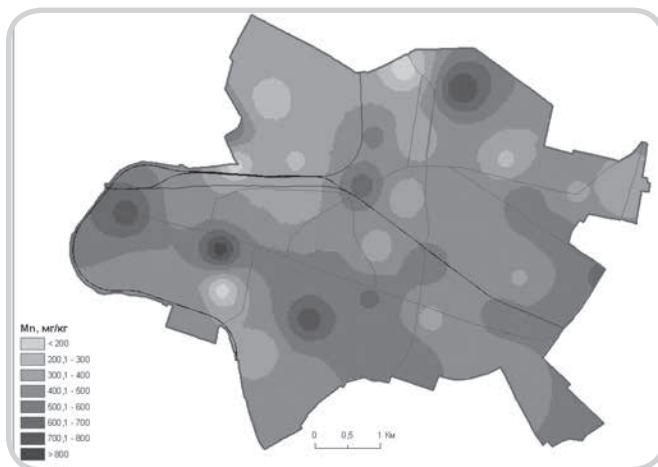


Рисунок 11 – Распределение марганца в почвах г. Молодечно, мг/кг

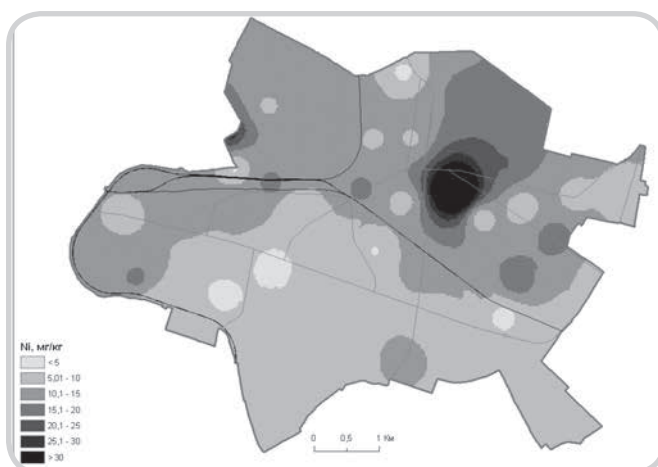


Рисунок 12 – Распределение никеля в почвах г. Молодечно, мг/кг



Рисунок 13 – Распределение олова в почвах г. Молодечно, мг/кг

пород на севере и юге г. Молодечно. Вместе с тем повышенные концентрации исследуемых элементов в почве, зафиксированные в районе завода металлоизделий, к юго-востоку от завода порошковой металлургии, у железнодорожного вокзала и среди жилой усадебной застройки на северо-востоке города, определенно вызваны техногенным воздействием.



В качестве оценки загрязнения городской среды были использованы данные о превышении ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, а также о двукратном превышении фонового содержания и превышении ПДК перечисленных тяжелых металлов в почве в ряде точек на территории города. Кварталам жилой застройки, в воздушном бассейне которых было выявлено превышение ПДК ксилола, твердых частиц или неорганической пыли с содержанием SiO<sub>2</sub> менее 70 %, был присвоен оценочный коэффициент 0,95; участкам жилой застройки, загрязненным диоксидом азота, был присвоен более низкий оценочный коэффициент – 0,90, поскольку данное вещество имеет более высокий класс опасности [2]. Кварталам жилой застройки, в почвенном покрове которых было выявлено двукратное превышение фонового содержания тяжелого металла, но ПДК при этом не был превышен, был присвоен оценочный коэффициент 0,98. Кварталам жилой застройки, в почвенном покрове которых было зафиксировано превышение ПДК меди, марганца, никеля или хрома в 1-2 раза, был присвоен оценочный коэффициент 0,95, при превышении ПДК в 2-3 раза – 0,90, а при превышении ПДК в 3-4 раза – 0,85; участкам жилой застройки, в почвенном покрове которых было выявлено превышение ПДК свинца в 1-2 раза, был присвоен более низкий оценочный коэффициент – 0,90, поскольку данный тяжелый металл имеет более высокий класс опасности [1] и, в отличие от четырех предыдущих, не участвует в процессах жизнедеятельности живых организмов [9].

Для представления результатов анализа экологического состояния территории в обобщенном виде на основе присвоенных кварталам жилой застройки коэффициентов был рассчитан сводный коэффициент экологической комфортности проживания городского населения по формуле:

$$K_{св} = K_{кc} \times K_{мч} \times K_{ин} \times K_{да} \times K_{Cu} \times K_{Pb} \times K_{Mn} \times K_{Ni} \times K_{Ti} \times K_{Cr} \quad (1)$$

где  $K_{кc}$  – оценочный коэффициент загрязнения атмосферного воздуха ксилолом;

$K_{мч}$  – оценочный коэффициент загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами;

$K_{ин}$  – оценочный коэффициент загрязнения атмосферного воздуха неорганической пылью с содержанием SiO<sub>2</sub> менее 70 %;

$K_{да}$  – оценочный коэффициент загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота;

$K_{Cu}$  – оценочный коэффициент загрязнения почвы медью;

$K_{Pb}$  – оценочный коэффициент загрязнения почвы свинцом;

$K_{Mn}$  – оценочный коэффициент загрязнения почвы марганцем;

$K_{Ni}$  – оценочный коэффициент загрязнения почвы никелем;

$K_{Ti}$  – оценочный коэффициент загрязнения почвы титаном;

$K_{Cr}$  – оценочный коэффициент загрязнения почвы хромом.

На основе рассчитанных для каждой оценочной зоны сводных коэффициентов была создана карта экологической комфортности проживания населения г. Молодечно (рисунок 16).

Наибольшие значения сводного коэффициента ( $K_{св} > 0,98$ ) принадлежат Залинейному (северо-запад г. Молодечно), усадебной и коттеджной застройке к северо-западу от площади Старое Место, южной части района Геленово (юго-запад), а также коттеджным поселкам на северо-востоке и юге. Высокую экологическую комфортность проживания населения ( $0,95 < K_{св} \leq 0,98$ ) имеет жилая многоквартирная застройка на юге г. Молодечно, Здемелево на западе, южная часть Великого Села на северо-востоке, а также участки усадебной и коттеджной застройки на севере города. Средние значения сводного коэффициента ( $0,90 < K_{св} \leq 0,95$ ) отмечаются в усадебной и коттеджной застройке к юго-востоку от площади Старое Место, восточном коттеджном поселке, на востоке Великого Села, на севере Залинейного и в поселке станкозавода на северо-востоке города. Низкую экологическую комфортность проживания населения ( $K_{св} \leq 0,90$ ) имеют расположенные вдоль крупных автомагистралей (улицы Великий Гостинец, Виленская, Машерова) жилые массивы (центр города, северная часть Геленово, Зеленый Городок, район площади Старое Место), кварталы к югу от локомотивного депо, усадебная застройка, примыкающая с востока

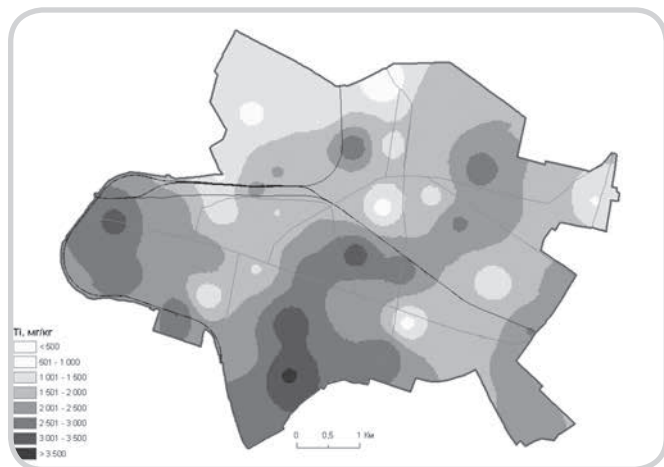


Рисунок 14 – Распределение титана в почвах г. Молодечно, мг/кг



Рисунок 15 – Распределение хрома в почвах г. Молодечно, мг/кг



к заводу металлоизделий, и старая часть поселка станкозавода на северо-востоке Молодечно.

В разрезе урболандшафтов наилучшую экологическую комфортность проживания населения имеют удаленные от промышленных предприятий кварталы жилой застройки, расположенные в пределах водноледниковой равнины, наихудшую – участки с наиболее загрязненной тяжелыми металлами почвой. Высокие значения экологической комфортности проживания населения также принадлежат массивам многоквартирных жилых домов, находящимся на склонах моренной возвышенности.

#### Заключение

Разработанная методика оценки экологического состояния территории города требует дальнейшей доработки с учетом большего числа влияющих факторов. Для проведения комплексного исследования, учитывающего все компоненты ландшафтов, требуются также сведения об экологическом состоянии поверхностных вод и растительности, однако загрязнение воды оказывает на комфортность проживания населения г. Молодечно незначительное влияние ввиду почти полного покрытия территории жилой застройки сетью централизованного водоснабжения, а полученные результаты геохимического анализа образцов листьев деревьев, взятых параллельно с образцами почв в тех же точках на территории города, не говорят о заметном загрязнении растительности г. Молодечно. Вместе с тем расчет сводного коэффициента экологической комфортности проживания городского населения на основе 10 частных показателей позволяет обезопасить исследователя от случайно зафиксированных в отдельных точках опробования геохимических аномалий и получить более объективную картину экологического состояния территории города.

Проведенная в среде ГИС оценка экологического состояния территории г. Молодечно вместе с анализом географической доступности объектов социальной инфраструктуры и градостроительных характеристик кварталов жилой застройки дает возможность оценить общую комфортность проживания городского населения. ■



Рисунок 16 – Карта экологической комфортности проживания населения г. Молодечно

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004 «Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве»: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 25.02.2004 г., №28. – Минск, 2004. – 17 с.
2. Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации: утв. Министерством здравоохранения Республики Беларусь 30.03.2015. – Минск, 2015. – 14 с.
3. Даулбаева, А. Картографирование экологических рисков для выявления уровня комфортности проживания / А. Даулбаева, М. Филипова // Научни трудове на Русенския университет. Серия 1.2. – Русе, 2013. – Т. 52. – С. 163-167.
4. Механизмы повышения комфортности проживания населения крупных городов в условиях глобализации (на примере г. Москвы): отчет о НИР / МГУ; рук. И.В. Ильин. – Москва, 2011. – 38 с.
5. Петухова, Н.Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов // Доклады АН Беларуси. – 1992. – Том 26. – №5. – С. 461–465.
6. Разработка схемы охраны окружающей среды города Молодечно: отчет о НИР (заключ.) / РУП «Бел НИЦ «Экология»; рук. темы В.М. Феденя. – Минск, 2012. – 283 с. – № ГР 20121593.
7. Салякин, И.Е. Оценка комфортности проживания населения на территории региона (на примере Владимирской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / И.Е. Салякин; Владимир. гос. ун-т. – Владимир, 2011. – 26 с.
8. Светлогорск: экологический анализ города / В.С. Хомич, С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик, Л.А. Кравчук; НАН Беларуси, Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии. – Минск: РУП «Минсктиппроект», 2002. – 212 с.
9. Эмсли, Дж. Элементы / Дж. Эмсли. – М.: Мир, 1993. – 256 с.

Поступила в редакцию 05.02.2018

A. SEMENYUK,  
A. KARPICHENKO,  
N. CHERTKO

#### ASSESSMENT OF ECOLOGICAL CONDITION OF MOLODECHNO CITY WITH HELP OF GIS-TECHNOLOGIES

In the article methods of assessment of ecological condition of urban areas based on data on air pollution and soil contamination in municipal GIS of Molodechno city with help of ArcGIS software are considered, and also results of spatial analysis of ecological condition of different parts of city are provided.