

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ**SOIL AND LAND RESOURCES****ГЛЕБАВА-ЗЕМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 550.4:551.4 (476)

М. П. Оношко¹, А. С. Глаз², Л. И. Смыкович³, М. А. Подружая¹

¹Филиал «Институт геологии» государственного предприятия «НПЦ по геологии»,
Минск, Беларусь, e-mail: onoshko@geology.org.by

²Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,
e-mail: alex_glas@nature.basnet.by

³Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: geosmykovich@gmail.com

**ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ БЕЛАРУСИ
К РАЗЛОЖЕНИЮ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Разработан ГИС-проект потенциальной способности почв Республики Беларусь к самоочищению от нефти и нефтепродуктов. Структурно геоинформационная система подразделяется на три блока: первый блок – база данных по почвенной, ландшафтной, климатических и гидрологических картах, которые суммируются в атрибутивной таблице к почвенной карте и два блока картографических материалов, включающие карты по деградации, аккумуляции, выносу углеводородов и потенциальной способности почв к самоочищению от нефтепродуктов. Все карты построены на основе оцифрованной почвенной карты масштаба 1:500 000. С учетом основных природных факторов, влияющих на физико-химическое, биологическое разложение углеводородов, их вынос за пределы почвенного профиля, дана территориальная оценка потенциальной способности почв к самоочищению от загрязнителей. Приведены результаты оценки относительной способности почв Беларуси к разложению углеводородов (УВ), включая дифференциацию почвенного покрова по интенсивности биологического и физико-химического разложения УВ. Изложена методика построения и представлены карты блока разложения УВ: группировки почв по их способности к физико-химическому разложению УВ, группировки почв по биологической активности разложения УВ и интегральная карта относительной способности почв к разложению УВ. Установлено, что для почв Беларуси основным фактором, определяющим относительную способность почв к деградации УВ, является биологическая активность разложения последних, которая оценивалась по количеству осадков в теплое время и продолжительностью безморозного периода.

Ключевые слова: самоочищение, почвы, углеводороды, геоинформационная система, карты, деградация углеводородов

M. P. Onoshko¹, A. S. Glaz², L. I. Smykovich³, M. A. Podrzhaya¹

¹Brach «Institute of Geology» of the State Enterprise «SPC for geology», Minsk, Belarus,
e-mail: onoshko@geology.org.by

²Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: alex_glas@nature.basnet.by

³Belarusian State University, e-mail: geosmykovich@gmail.com

**ASSESSMENT OF THE POTENTIAL CAPACITY OF SOILS OF BELARUS
TO HYDROCARBON DEGRADATION**

A GIS project for the potential capacity of soil self-purification from oil and oil products within the Republic of Belarus has been developed. The structural system related to geo-information is divided into three units: the first unit is a database of soil, landscape, climate and hydrological maps which are summarized in the attribute table to the soil map and two units of cartographic materials, including maps of degradation, accumulation, transfer of hydrocarbons and potential soil self-purification capacity from oil products. All maps are based on a digitized soil map of 1: 500 000 scale. With due regard to the main natural factors affecting the physico-chemical, biological decomposition of hydrocarbons, their transfer outside the soil section, a territorial assessment of the potential capacity of soil self-purification is given. This report contains an analysis of the material on the assessment of the relative capacity of the soils of the republic to the degradation of hydrocarbons (HC). In accordance with the intensity of the biological and physical and chemical decomposition of hydrocarbons the territorial division of the soil cover was carried out. Maps of the block of hydrocarbon degradation have been developed. They are two analytical maps: 1) soil classification by their ability to physical and chemical decomposition of hydrocarbons, 2) soil classification by the biological activity of HC decomposition and one integral map of soil relative ability to decompose HC. It was established that the main factor for assessing the relative ability of soils of the Belarus to degrade hydrocarbons is the biological activity of its decomposition, which was estimated by the amount of precipitation during the warm season and the duration of the frostless period.

Keywords: self-cleaning, soil, hydrocarbons, geoinformation system, maps, degradation of hydrocarbons

М. П. Аношка¹, А. С. Глаз², Л. І. Смыковіч³, М. А. Падружыя¹

¹Філіял «Інстытут геалогіі» дзяржаўнага прадпрыемства «НВЦ па геалогіі», Мінск, Беларусь,
e-mail: onoshko@geology.org.by

²Інстытут прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь,
e-mail: alex_glas@nature.basnet.by

³Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь, e-mail: geosmykovich@gmail.com

АЦЭНКА ПАТЭНЦЫЙНАЙ ЗДОЛЬНАСЦІ ГЛЕБ БЕЛАРУСІ ДА РАЗЛАЖЭННЯ ВУГЛЕВАДАРОДАЎ

Распрацаваны ГІС-праект патэнцыйнай здольнасці глеб Рэспублікі Беларусь да самаачышчэння ад нафты і нафтапрадуктаў. Структурна геаінфармацыйная сістэма падзяляецца на тры блокі: першы блок – база дадзеных па глебавай, ландшафтнай, кліматычных і гідралагічных картах, якія сумуюцца ў атрыбутыўнай табліцы да глебавай карты і два блокі картаграфічных матэрыялаў, якія ўключаюць карты па дэградацыі, акумуляцыі, вынасу вуглевадародаў і патэнцыйнай здольнасці глеб да самаачышчэння ад нафтапрадуктаў. Усе карты пабудаваныя на аснове лічбавай глебавай карты маштабу 1: 500 000. З улікам асноўных прыродных фактараў, якія ўплываюць на фізіка-хімічнае, біялагічнае разлажэнне вуглевадародаў, іх вынас за межы глебавага профілю, дана тэрытарыяльная ацэнка патэнцыйнай здольнасці глебаў да самаачышчэння ад вывучаных забруджвальнікаў. Прыведзены вынікі ацэнкі адноснай здольнасці глеб Беларусі да разлажэння вуглевадародаў, уключаючы тэрытарыяльны падзел глебавага покрыва па інтэнсіўнасці біялагічнага і фізіка-хімічнага разлажэння вуглевадародаў. Паказана метадыка распрацоўкі і прадстаўлены карты блока разлажэння вуглевадародаў: групоўка глеб па іх здольнасці да фізіка-хімічнага разлажэння вуглевадародаў і групоўка глеб па біялагічнай актыўнасці распаду вуглевадародаў і інтэгральнай карты адноснай здольнасці глеб да разлажэння вуглевадародаў. Устаноўлена, што для глеб Беларусі асноўным фактарам, вызначаючым адносную здольнасць глеб да дэградацыі вуглевадародаў, з'яўляецца біялагічная актыўнасць глеб да разлажэння апошніх, якая ацэньвалася намі па колькасці ападкаў у цёплы час і працягласцю безмарознага перыяду.

Ключавыя словы: самаачышчэнне, глеба, вуглевадароды, геаінфармацыйная сістэма, карты, дэградацыя вуглевадародаў

Введение. В настоящее время отмечаются масштабные загрязнения геологической среды и почв в районах нефтехранилищ, перегрузочных баз, нефтеперерабатывающих заводов, топливно-заправочных комплексов, военных объектов. Добыча нефти сопровождается утечками и разливами при аварийных ситуациях на промыслах, транспортировке – аварийными ситуациями на трубопроводном транспорте, при железнодорожных, речных, морских перевозках.

Нефтяное загрязнение отличается от многих других антропогенных воздействий тем, что оно дает не постепенную, а, как правило, «залповую» нагрузку на окружающую среду и в первую очередь на почву, вызывая быструю ответную реакцию. Воздействие нефтепродуктов преобразуют почвенный профиль, сопровождается трансформацией морфологических и химических свойств почв. Степень этих изменений зависит от продолжительности загрязнения, состава и концентрации компонентов нефтепродуктов. Присутствие канцерогенных и мутагенных полициклических ароматических углеводородов делает почвы токсичными по отношению к человеку, растениям и животным [1–4]. В результате вымывания нефти и нефтепродуктов в водоносные горизонты, реки и водоемы создается опасность загрязнения подземных и поверхностных вод [5, 6].

Свойства почв (щелочно-кислотные, сорбционные, окислительно-восстановительные и т.д.) определяют скорость разложения и особенности миграции загрязняющих веществ [2, 7–10]. Углеводороды (УВ) в почвах подвергаются деградации, которая может протекать в нескольких направлениях. Часть соединений окисляется до углекислого газа и воды, часть выносятся из почвенного профиля в виде продуктов неполного окисления, часть УВ преобразуется в термодинамически устойчивые соединения. Происходит процесс самоочищения почв от техногенных УВ.

Под термином «самовосстановление» (самоочищение) подразумевается естественное восстановление природного объекта, без какого-либо вмешательства человека. Направленность процессов самоочищения зависит как от особенностей почв, так и состава загрязнителей, их концентрации и механизма поступления в почву [4, 6, 8, 9].

Самовосстановление почв, по данным работ [9, 11–14], условно можно подразделить на ряд этапов. Продолжительность этапов может варьировать от нескольких месяцев до нескольких десятков лет. На первом этапе самовосстановления преобладают физико-химические процессы, такие как испарение и окисление УВ. На данном этапе из почвы удаляется около 2/3 и более легких и летучих соединений нефти в зависимости от ее состава. На втором этапе преобладают процессы микробиологической деструкции соединений, входящих в состав нефти, и, наконец, на последнем этапе активно развиваются процессы, связанные с восстановлением на загрязненной почве растительного сообщества.

Таким образом, естественная деградация нефти и нефтепродуктов в природных условиях протекает в течение длительного периода времени (40–45 лет и более) и включает последовательное разложение компонентов возрастающей сложности и конденсацию промежуточных продуктов. На разных этапах разложения УВ ведущую роль играют различные процессы: физико-химическое выветривание, разрушение УВ в результате микробного метаболизма и, наконец, кометаболические процессы деструкции нефти и нефтепродуктов (НП) [1, 9].

Фактор самоочищения будет реализован, если уровень загрязнения не перейдет допустимого порога для почв данной территории [15]. В Республике Беларусь приняты дифференцированные гигиенические нормативы нефтепродуктов в почве для различных категорий земель: земли сельскохозяйственного, природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения, земли лесного фонда, земли водного фонда, земли запаса – 50 мг/кг; земли населенных пунктов, садоводческих товариществ, дачных кооперативов – 100 мг/кг; земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения – 500 мг/кг [16].

Материалы и методика исследований. Потенциальная способность почв к самоочищению от УВ оценивается по соотношению факторов разложения и рассеяния загрязнителей. При ее территориальной оценке мы учитывали природные условия (факторы) Беларуси, влияющие на физико-химическое и биологическое разложение, а также механическое рассеяние загрязняющих веществ. Оценка давалась качественная, исходя из деления каждой группы факторов на три категории значений: низкие (слабо протекающие процессы), средние (умеренная скорость процессов), высокие (высокая скорость процессов) [17].

Для сравнительной оценки почв республики по потенциальной способности к самоочищению от нефти и НП, устойчивости к углеводородному загрязнению была разработана геоинформационная система (ГИС-проект), которая позволила провести пространственный анализ данных о свойствах природной среды Беларуси, влияющих на условия аккумуляции, выноса и деградации УВ. При выполнении задания были использованы рекомендации, изложенные в работах [15, 17, 18].

Результаты исследований и их обсуждение. Структурно геоинформационная система «Способность почв Беларуси к самоочищению от нефти и нефтепродуктов» подразделяется на несколько блоков:

1) первый блок – блок базы данных: почвенная, ландшафтная, климатические и гидрологические карты Республики Беларусь, атрибутивная таблица к почвенной карте, суммирующая всю необходимую имеющуюся эколого-геохимическую информацию, привязанную к почвенным контурам;

2) второй блок включает подготовку аналитических и промежуточных суммирующих карт:

а) по разложению УВ: двух аналитических карт и одной суммирующей по относительной способности почв к разложению УВ;

б) по аккумуляции УВ: также двух аналитических и одной суммирующей карт относительной способности почв к аккумуляции (закреплению) УВ в почвенном профиле;

в) по выносу УВ: двух аналитических и одной суммирующей карт относительной способности почв к выносу УВ за пределы почвенного профиля;

3) третий блок включает окончательные суммирующие карты:

а) суммирующую карту способности почв к механическому рассеиванию УВ;

б) итоговую карту потенциальной способности почв к самоочищению от УВ (устойчивости к углеводородному загрязнению).

Для разработки ГИС-проекта за основу взята почвенная карта республики, подготовленная и изданная РУП «Белкартография» в 2015 г. Специальное содержание карты разработали сотрудники Белорусского государственного университета Н. В. Клебанович, С. Н. Прокопович и А. А. Сорокин.

В базовый блок данных ГИС вошли оцифрованная вышеуказанная почвенная карта республики и эколого-геохимическая информация, содержащаяся в атрибутивной таблице к почвенной карте. Поля атрибутивной таблицы включают следующие данные по каждому почвенному контуру: тип почв, гранулометрический состав, суммарная мощность гумусового горизонта, содержание $C_{орг}$ в гумусовом горизонте и в горизонте С, рН среды, окислительно-восстановительные условия.

Для оценки физико-географических условий были оцифрованы и введены в структуру ГИС нижеследующие карты: карта элементарных ландшафтов Беларуси (масштаб 1: 500 000), кар-

та продолжительности безморозного периода в воздухе (масштаб 1: 6 000 000), карта количества дней в году с температурой воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$ (1: 6 000 000), карта осадков за теплый период года (апрель–октябрь, масштаб 1: 8 000 000), карта среднегодового количества осадков (масштаб 1: 8 000 000) и карта среднегодового модуля стока рек Беларуси (масштаб 1: 3 000 000). Исходными за исключением карты элементарных ландшафтов были карты, содержащиеся в работах [19–21]. Карта элементарных ландшафтов построена нами в ходе выполнения проекта «Разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территорий государств-участников СНГ» (2014–2017 гг.) [22]. В основу данной карты положена оцифрованная карта зоны аэрации масштаба 1:500 000. Исходной картой зоны аэрации был бумажный вариант карты, построенный в рамках проекта «Провести оценку антропогенного воздействия на гидрологические условия территории Беларуси для обоснования работ по созданию мониторинга подземных вод в области сочленении Московского, Днепровско-Донецкого, Прибалтийского и Мазовецко-Люблинского артезианских бассейнов» в 1990 г. [23]. Цифровые версии этих карт дали возможность дополнить поля атрибутивной таблицы почвенной карты климатическими, гидрологическими и ландшафтными данными по каждому почвенному контуру.

В данной работе (**первое сообщение**) приведены результаты разработки блока разложения УВ – территориальной дифференциации почвенного покрова по интенсивности биологического и физико-химического разложения УВ и интегральной оценки относительной способности почв Беларуси к разложению УВ.

Физико-химические факторы самоочищения почв от УВ – это факторы, включающие непосредственное окисление УВ кислородом воздуха и испарение их легких фракций. Путем испарения из почв удаляется не менее 20–30 % легких фракций и до 20 % суммарного количества нефти [8, 14]. В теплое время года испарение происходит непрерывно вследствие повышения температуры верхнего слоя почвы.

Активность физико-химического разложения УВ зависит от факторов окисления (окислительно-восстановительный режим почвы) и факторов испарения (тепловой режим почв).

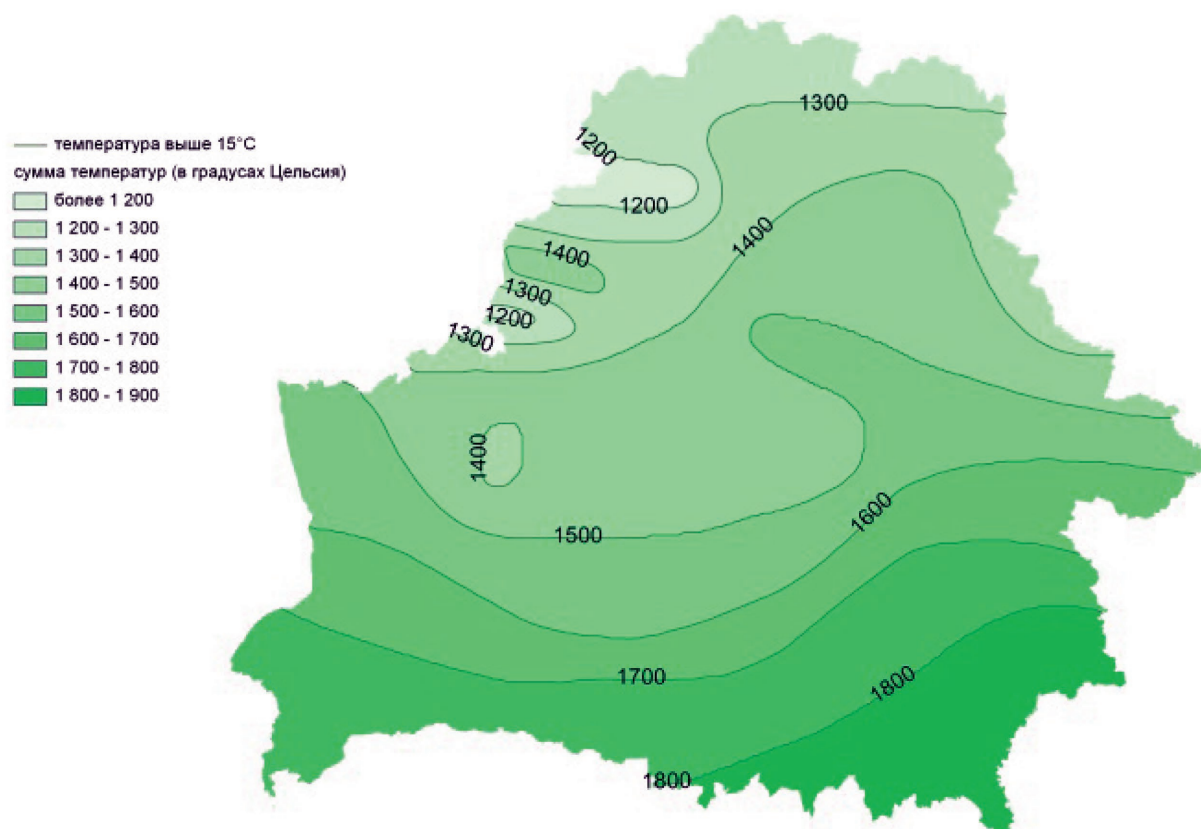


Рис. 1. Сумма температур воздуха $> +15^{\circ}\text{C}$ на территории Беларуси

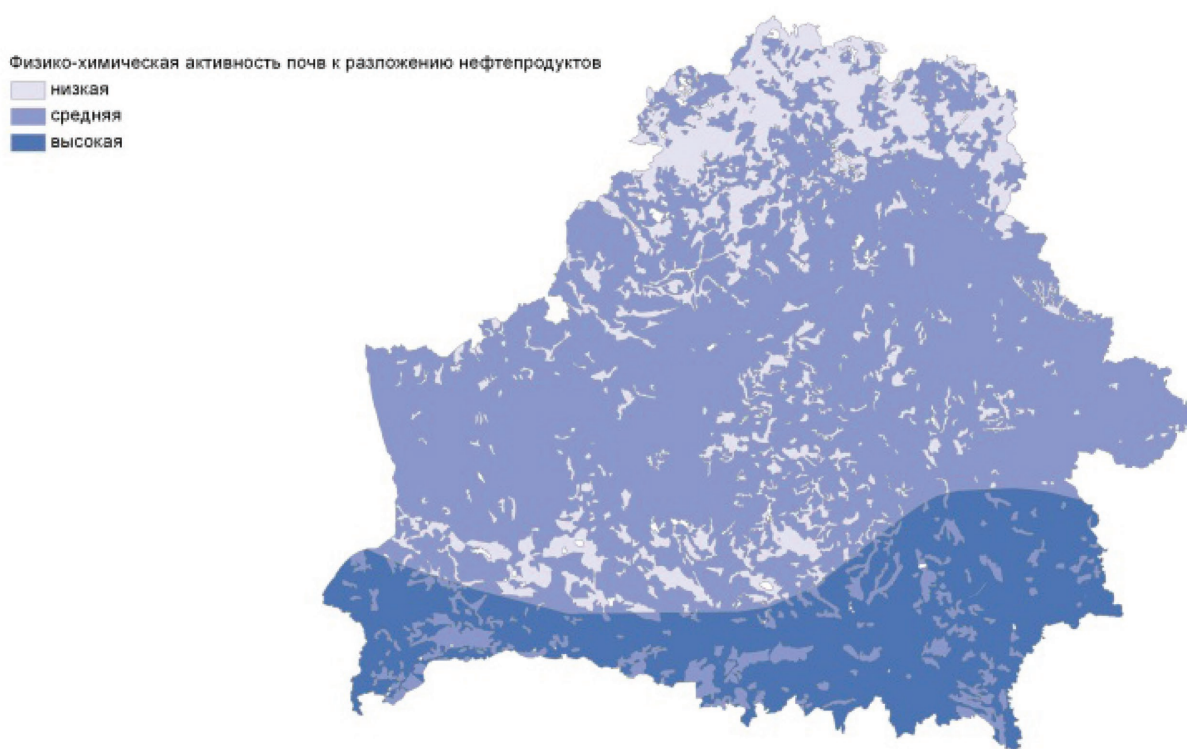


Рис. 2. Дифференциация территории Беларуси по способности почв к физико-химическому разложению углеводородов

Первый фактор включен в атрибутивную таблицу почвенной карты, второй условно выражен через сумму температур воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). По результатам анализа данных факторов была построена карта группировки почв по их способности к физико-химическому разложению УВ (рис. 2). Для легенды карты были взяты показатели по окислительно-восстановительному режиму почв и сумма температур воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$ (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Легенда к карте дифференциации территории по способности почв к физико-химическому разложению УВ

Способность почв к физико-химическому разложению УВ	Режим почвы	Сумма температур воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$
Низкая	Восстановительный	< 1400
Средняя	Окислительно-восстановительный	$1400-1700$
Высокая	Окислительный	> 1700

Карты свидетельствуют о повышении способности почв к физико-химическому разложению УВ в направлении с севера на юг страны.

Биологическое разложение нефти и НП в почвах определяется их биологической активностью (в основном деятельностью углеводородокисляющих микроорганизмов). Основные факторы, контролирующие биологическую активность почв, это продолжительность вегетационного периода и степень увлажнения почв. Эти факторы условно отражаются с помощью двух критериев – продолжительности безморозного периода и количества осадков, обеспечивающего влажность почвы в теплое время года (рис. 3 и 4).

Данные карт (рис. 3 и 4) были помещены в атрибутивную таблицу почвенной карты и по результатам их анализа построена карта группировки почв по способности к биологическому разложению УВ (рис. 5).

Легенда данной карты включает три уровня способности почв к деградации УВ, которые определены согласно территориальным различиям в количестве осадков за теплый период года и в продолжительности безморозного периода (табл. 2).

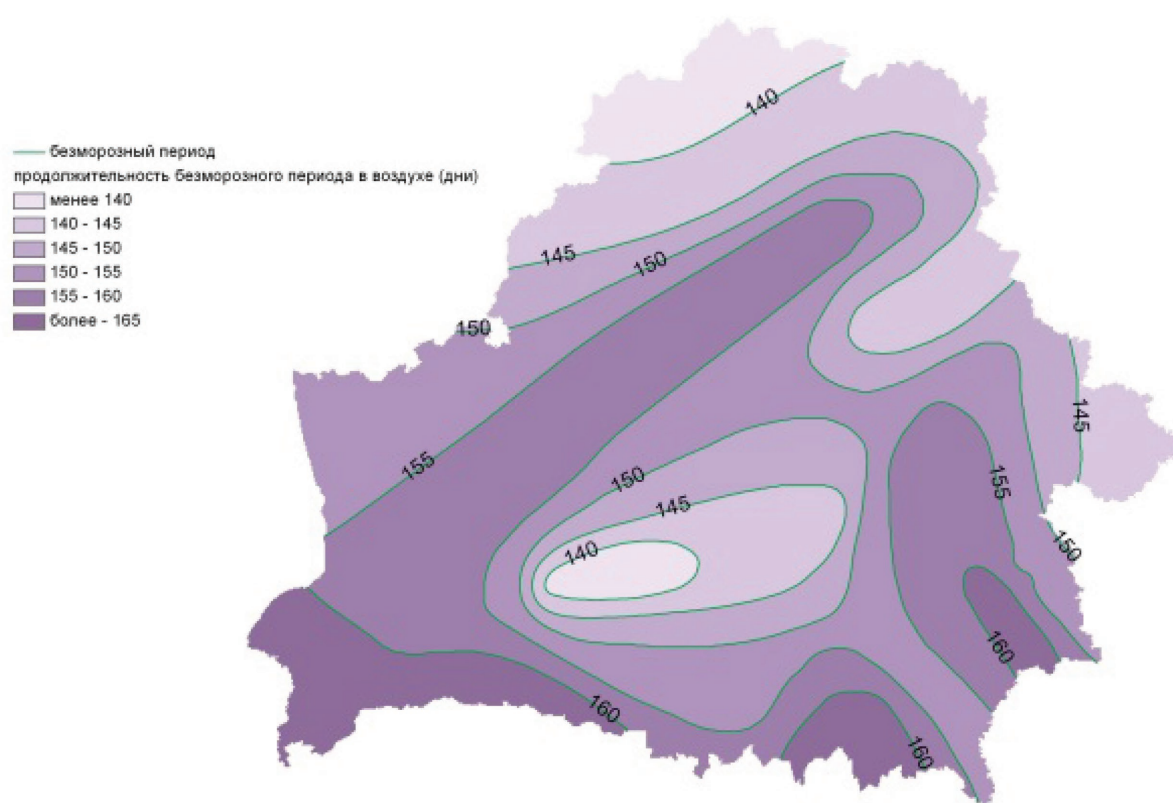


Рис. 3. Продолжительность безморозного периода на территории Беларуси, количество дней

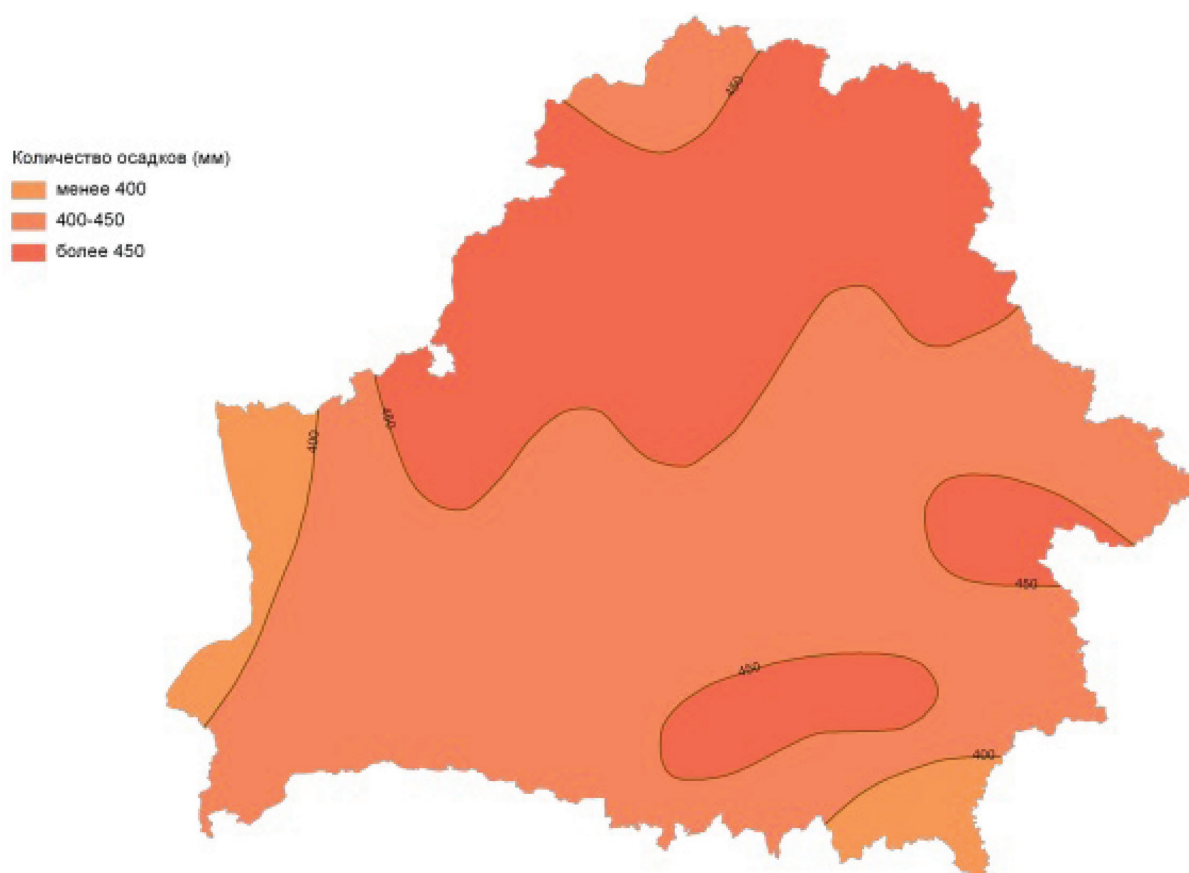


Рис. 4. Количество осадков на территории Беларуси за теплый период года (апрель-октябрь), мм

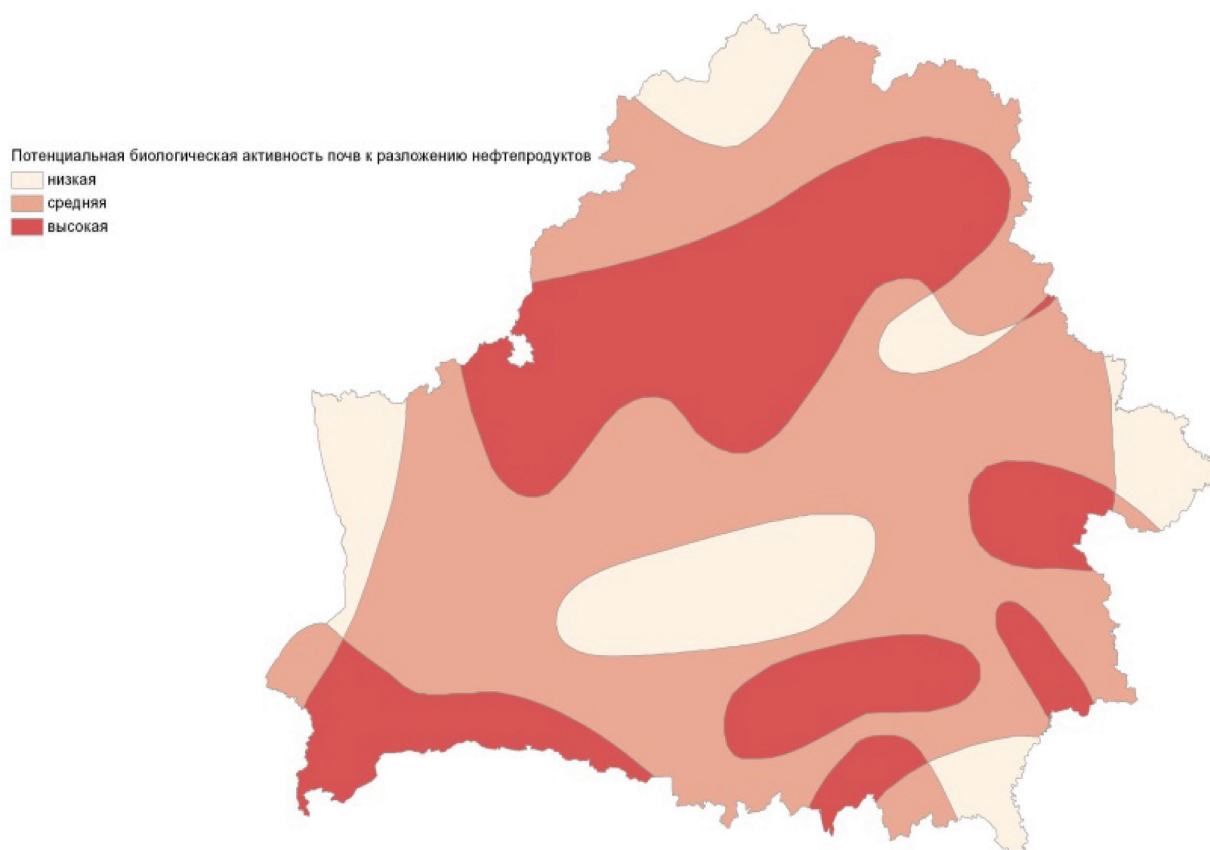


Рис. 5. Дифференциация территории Беларуси по способности почв к биологическому разложению УВ

Т а б л и ц а 2. Легенда к карте дифференциации территории Беларуси по способности почв к биологическому разложению углеводов

Способность почв к биодegradации УВ	Количество осадков за теплый период года (апрель–октябрь), мм	Продолжительность безморозного периода, дни
Низкая	<400	<145
Средняя	400–450	145–160
Высокая	>450	>160

Как следует из рис. 5, скорость разложения углеводов в почвах Беларуси при одинаковой продолжительности активной деятельности микроорганизмов зависит от термического режима почв: в более прогреваемых почвах процессы биодegradации УВ идут активнее. Суммирующая (интегральная) карта относительной способности почв к разложению УВ (рис. 6) отражает низкую, среднюю и высокую способность почв к разложению НП. Легенда карты составлена по данным табл. 1 и 2 (табл. 3).

Закключение. Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что способности почв к физико-химическому разложению УВ изменяется незначительно, несколько увеличиваясь в направлении с севера на юг страны. Здесь сказывается температурный фактор: к югу сумма температур воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$ составляет выше 1700–1800 $^{\circ}\text{C}$, что сопровождается увеличением температуры почвы. В более прогреваемых почвах биологические процессы разложения УВ идут более активно.

Анализ картографического материала свидетельствует, что для почв Беларуси основным фактором, определяющим способность почв к разложению углеводов, является биологическая дegradация последних, которая контролируется количеством осадков в теплое время и продолжительностью безморозного периода.

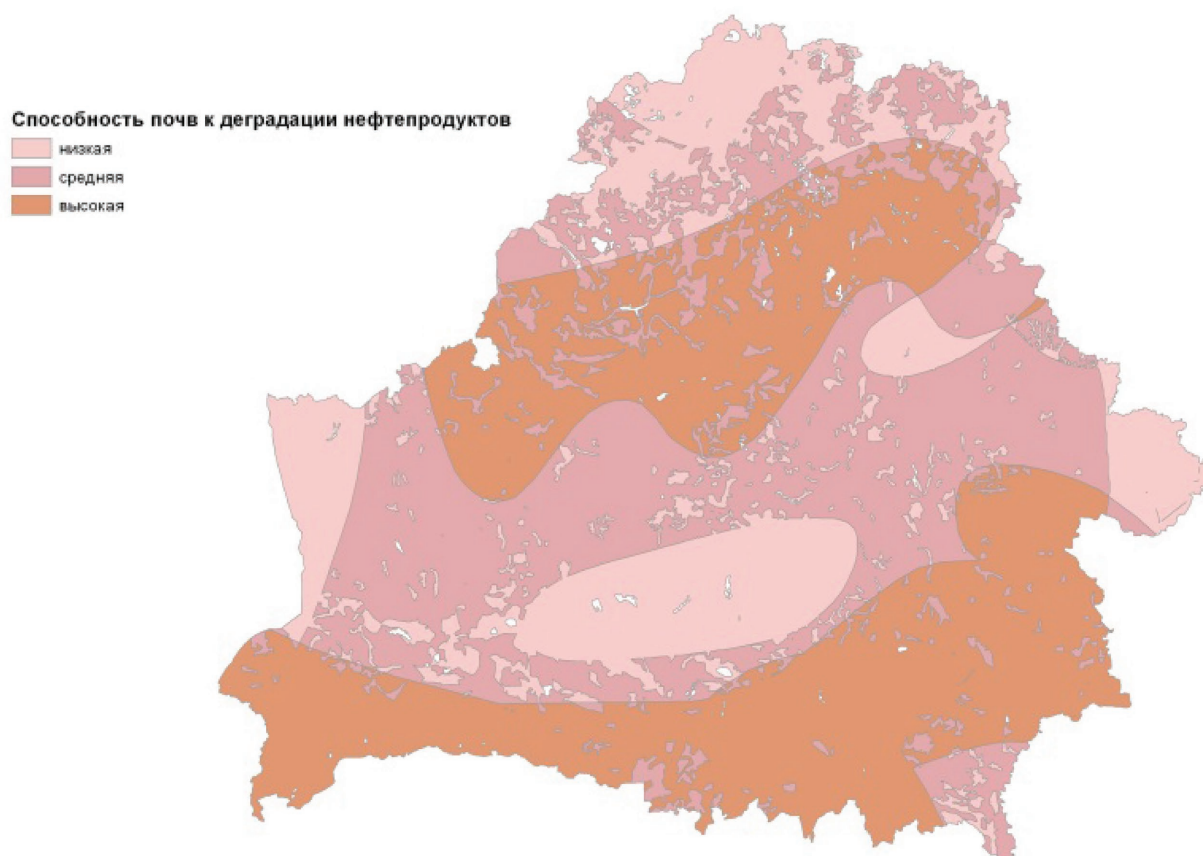


Рис. 6. Дифференциация территории Беларуси по интегральной способности почв к разложению УВ

Т а б л и ц а 3. Легенда к картосхеме дифференциации территории Беларуси по интегральной способности почв к разложению УВ

Относительная способность почв к разложению УВ	Способность почв к физико-химическому разложению УВ			Способность почв к биodeградации УВ		
	оценка	факторы, способствующие физико-химическому разложению УВ в почвах		оценка	факторы, способствующие биodeградации УВ в почвах	
		окислительно-восстановительный режим	сумма температур воздуха выше +15 °С		количество осадков за теплый период года (апрель-октябрь), мм (степень увлажнения почв)	продолжительность безморозного периода, дни (продолжительность вегетационного периода)
Низкая	Низкая	Восстановительный	< 1400	Низкая	< 400	< 145
Средняя	Средняя	Окислительно-восстановительный	1400–1700	Средняя	400–450	145–160
Высокая	Высокая	Окислительный	< 1700	Высокая	> 450	> 160

Список использованных источников

1. Мотузова, Г. В. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия / Г. В. Мотузова, Е. А. Карпова. – М.: МГУ, 2013. – 304 с.
2. Хаустов, А. П. Геохимическая модель трансформации и индикации нефтепродуктов при их вертикальной миграции в ландшафтах / А. П. Хаустов, М. М. Редина // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М. А. Глазовской): докл. Всерос. науч. конф. Москва, 4–6 апреля 2012 г. – М.: МГУ, 2012. – С. 342–344.
3. Экологические проблемы при углеводородном загрязнении, самоочищение и реабилитация почв / Т. Н. Федорова [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2012. – № 2. – С. 1–17.
4. Зиновьева, О. А. Антропогенная трансформация почвенного покрова на территории Уренгойского нефтегазо-конденсатного месторождения / О. А. Зиновьева, В. Ю. Хорошавин // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. – 2009. – № 3.
5. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовников, И. Н. Лозановская. – М.: Высш. шк., 2002. – 334 с.
6. Бондаренко, А. П. Восстановление экосистем нарушенных нефтепродуктами: учеб. пособ. / А. П. Бондаренко, К. У. Базарбеков. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2006. – 195 с.
7. Хаустов, А. П. Трансформация нефтепродуктов в геологической среде при изменении их битумоидного статуса / А. П. Хаустов, М. М. Редина // Геоэкология. Инженер. геология. Геокриология. – 2013. – № 6. – С. 502–515.
8. Зборищук, Ю. Н. Почвенно-экологический мониторинг / Ю. Н. Зборищук. – М.: МГУ, 1992. – 86 с.

9. Илларионов, С. А. Трансформация углеводородов нефти в почвах гумидной зоны: дис. ... д-ра биол. наук. – Сыктывкар, 2006. – 426 с.
10. Результаты исследований по ремедиации дерново-карбонатных почв / А. В. Баландина [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (1). – С. 95–99.
11. Солнцева, Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н. П. Солнцева – М.: МГУ, 1998. – 376 с.
12. Хаустов, А. П. Техногенные системы как феномен самоорганизации материи (на примере загрязнения геологической среды углеводородами) / А. П. Хаустов // Литосфера. – 2014. – № 1. – С. 105–116.
13. Глазовская, М. А. Скорость самоочищения почв от нефти в различных природных зонах / М. А. Глазовская, Ю. И. Пиковский // Природа. – 1980. – № 5. – С. 118–119.
14. Баландина, А. В. Самовосстановление нефтезагрязненных почв / А. В. Баландина, Д. Б. Кузнецов, Л. В. Бурдова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 85–88.
15. Картографическая оценка потенциала самоочищения почв от техногенных углеводородов на территории России / Ю. И. Пиковский [и др.] // География и окружающая среда. – М.: ГЕОС, 2000. – С. 286–303.
16. Предельно допустимые нормы содержания нефтепродуктов в землях (включая почвы) для различных категорий земель: постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь от 12 марта 2012 г. № 17/1. – 1 с.
17. Пиковский, Ю. И. ГИС для оценки устойчивости почв к загрязнению техногенными углеводородами (на примере Калининградской области) / Ю. И. Пиковский, А. А. Геннадиева // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. – 2004. – № 3. – С. 18–24.
18. Геннадиев, А. Н. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: метод и опыт составления / А. Н. Геннадиев, Ю. И. Пиковский // Почвоведение. – 2007. – № 1. – С. 80–92.
19. География Беларуси. Атлас: учеб. пособие. – Минск: Белкартография, 2016. – С. 14–16.
20. Нацыянальны атлас Беларусі. Камітэт па зямельным рэсурсам, геадэзіі і картаграфіі. – Мінск, 2002. – С. 75–76.
21. Волчек, А. А. Водные ресурсы Беларуси: Современное состояние и прогноз / А. А. Волчек // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 5–8 мая 2015 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П. С. Лопух (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – С. 40–46.
22. Карта элементарных ландшафтов территории Беларуси: Разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территорий государств-участников СНГ / № ГР отчета 20162441. Ответственный исполнитель М. П. Оношко. – Минск: НПЦ по геологии, 2016. – С. 48–51.
23. Схематическая карта зоны аэрации территории БССР масштаба 1:500 000 / Прил. 2 (1893): Провести оценку антропогенного воздействия на гидрогеологические условия территории Белоруссии для обоснования работ по созданию мониторинга подземных вод в области сочленения Московского, Днепровско-Донецкого, Прибалтийского и Мазовецко-Люблинского артезианских бассейнов. Объект 1432968044: Ответственный исполнитель А. Я. Штакоская. Составила Т. А. Кононова. – Минск: БелНИГРИ, 1990.

Поступила 20.02.2019