

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ВІДВАЛІВ ГІРНИЧОВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ПРИКЛАДІ МІСТА ДОНЕЦЬК

Проаналізовано особливості теплового режиму відвалів гірничовидобувної промисловості на фоні урбогенного ландшафту м. Донецьк. За цифровою моделлю оптичного зображення території в далекому ІЧ діапазоні, отриманого Landsat-5, розрахунковим методом створено карту миттєвого розподілу температури підстильної поверхні міста для виділення теплових аномалій. Проведено аналіз складових частин теплового режиму поверхневої частини відвалів. Вирішувалась обернена задача аналізу складових теплового балансу поверхневої частини відвалів. Визначено процеси, що формують інфрачервоний спектр випромінювання відвалів гірничовидобувної промисловості.

Ключові слова: тепловий режим, відвали гірничовидобувної промисловості, радіаційний баланс похилих поверхонь

И. Г. Черваньов, Ю. К. Бурдун. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ОТВАЛОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДОНЕЦК. Проанализированы особенности теплового режима отвалов горнодобывающей промышленности на фоне урбогенного ландшафта г. Донецк. По цифровой модели оптического изображения территории в дальнем ИК диапазоне, полученном Landsat-5, расчётным методом создана карта мгновенного распределения температуры подстилающей поверхности для выделения тепловых аномалий. Решалась обратная задача анализа составляющих теплового баланса поверхностной части отвалов. Определены процессы, формирующие инфракрасный спектр излучения отвалов горнодобывающей промышленности.

Ключевые слова: тепловой режим, отвалы горнодобывающей промышленности, радиационный баланс наклонных поверхностей

Вступ. Для територій із гірничовидобувною спеціалізацією невід'ємною частиною антропогенного ландшафту є відвали гірських порід. В місті Донецьк безпосередня близькість їх насипів до життєвого простору людини (більшість відвалів сконцентровано в місті) призводить до спотворення екологічних умов її існування.

Поряд з цим, висока концентрація насипів в місті обумовлює регіональні масштаби впливу їх на довкілля. Одним із таких результатів є зміна радіаційного балансу території через зменшення альbedo напіввідкритих відвалів. Впливають: спектральні характеристики складових насипу, їх конфігурація, широка варіація хімічного складу і стану гірських порід, що їх складають, тощо. Відповідно до цього, мінливість радіаційних умов спричиняє строкатість розподілу температури, а вона, в свою чергу – теплового випромінювання.

Вихідні передумови. Фундаментальні закономірності процесів формування енергетичного балансу земної поверхні відомі нам з робіт М.І. Будики. Фактори утворення радіаційного балансу та теплового режиму схилів поверхонь викладено К.Я.Кондратьєвим. Формування теплового випромінювання підстильної поверхні було досліджене також Ю. М. Тимофєєвим. Р. Е. Давид розглянув особливості радіаційно-теплового режиму схилів процесів. Безпосередньо ж технічну сторону дослідження випромінювання за допомогою дистанційних засобів викладено В. Б. Кашкініним і Ю. Н. Гавриленко у зв'язку з проблемою озеленення гірничовидобувних відвалів [1, 456].

Мета даної роботи полягає у характеристиці показників теплового режиму відвалів на основі комп'ютерного аналізу космічних знімків земної поверхні у тепловому дальньому інфрачервоному (ІЧ) діапазоні (відповідно, на певний конкретний час спостереження). В процесі проведення дослідження вирішувались такі наукові задачі: виявлення насипів на тепловій карті; визначення факторів, що обумовлюють тепловий режим відвалів.

Методика. Для дослідження відвалів гірничовидобувної промисловості в місті Донецьк нами було використано знімок супутника Landsat-5 TM (за 30.08.11). Сенсор TM фіксує випромінювання у дальньому ІЧ спектрі (тобто власне теплове випромінювання об'єктів). Роботу із знімком Landsat-5 TM було проведено у програмному середовищі ENVI 4.8. та ArcMap 10. Допоміжними даними були мозаїки знімків Google Earth.

Фактичний матеріал. Формування даних сенсором TM відбувається за рахунок фіксування випромінювання. Ці дані залежать від радіометричної роздільної здатності матриці (кількості рівнів яскравості) і являють собою, таким чином, значення, пропорційні кількості радіації, що надходить (так звані DN - digital numbers) [10]. Для конвертації даних DN у значення температури в °C нами було виконано два послідовних перетворення геоданих:

1) перерахунок значення DN в значення випромінювання, що надходить до сенсора. Було використано сталі калібрувальні параметри від 5 травня 2003 р. В проміжок часу з цієї дати до сьогодні і був обраний початковий матеріал;

2) перерахунок значень випромінювання отриманих на сенсорі, в значення температури.

Недоліком отриманих результатів є низька абсолютна точність даних температури через велику щільність і строкатість потоку випромінювання [4, 32].

Аналогічним є принцип формування оптичних даних [10].

Виклад основного матеріалу. Головною величиною, що характеризує тепловий стан тіла, є його температура. Квантова механіка трактує виникнення випромінювання як процес переходу молекули або атома зі збудженого внутрішнього квантованого стану до більш низького енергетичного стану. Крім того, наявність молекул або атомів в збудженому стані може бути обумовлена зовнішнім впливом [6, 34].

Умови формування випромінювання. Одним із факторів формування розсіяної радіації є можливість повторного розсіювання сонячної радіації схилами відвалів. Також треба враховувати багатократне відбиття радіації між схилами та горизонтальними ділянками біля схилів.

Температурний режим залежить від мікроклімату території. Техногенні відвали – позитивні форми рельєфу, морфометричні аналоги котрих у природі відсутні.



Рис. 1. Розподіл вітру навколо пагорба [2,109]

Рельєф сильно впливає на зміну швидкості вітру. В залежності від технології відвалоутворення сформувались насипи наступних типів: конічні (терикони), хребтові і плоскі [1, 447]. Головною відміною таких відвалів є наявність або відсутність горизонтальних вершин.

Р. Е. Давид у своїй роботі подає розподіл зон відносного затишся та посилення вітру. Оскільки для літнього періоду в місті Донецьк є переважаючим західне перенесення, то дана ідеалізована модель розподілу швидкості вітру може бути застосована до териконів (рис.1).

На зображенні 1 видно, що з західного боку, тобто навітряного схилу швидкість вітру різко збільшується в обидві сторони із максимумами по боках, а в середній частині спостерігаються два мінімуми. Мінімум утворюється з навітряної та підвітряної сторони, але з останньої він займає більшу площу [2, 109]. Такий розподіл вітру влітку характерний для териконів (наприклад Путилівська, Центрально-Заводська 2, Горького № 1), на карті вони мають колоподібний контур. Модель розподілу вітру для плоских насипів буде більш складною, її побудова вимагає врахування індивідуальної конфігурації насипу. Для хребтових відвалів (наприклад 6 Червона Зірка) характерним є стокове перенесення холодних повітряних мас до западин між вершинами, однак через вищезазначений недолік – густину потоку, та роздільну здатність знімка, такі локальні зміни температур, що характерні для озер холоду, не виявлені.

Своєрідність мікроклімату залежить від рослинності відвалів. В умовах місцевого клімату деревостани формують мікроклімат, характерний для того чи іншого конкретного фітоценозу [8, 271]. У зв'язку з фітотоксичністю гірських порід насипу, рослинний покрив його бідний і потребує значного часу на формування [1, 456].

За світлопропускну властивістю рослини доцільно поділити на ті, що мають горизонтальну орієнтацію листя, відрізняються широкою листяною пластиною, тому вони затримують значну частину сонячного випромінювання своїми верхніми робочими ярусами листків; та ті, що мають більш-менш вертикальну орієнтацію вузького листя, В цьому випадку, воно пропускає значну частку випромінювання [2, 108]. Серед розглянутих насипів більшість з них мали лісисто рослинність лише біля підніжжя, інша ж частина була зайнята розосередженими трав'янистими угрупованнями, або рослинність була зовсім відсутня. Найвідчутніший вплив деревних насаджень на температуру повітря спостерігається у період літньої сонячної погоди. Різниця температурних показників порівняно з відкритими територіями в цей час може сягати 21 % [8, 272].

Процеси, що безпосередньо пов'язані з формуванням ІЧ спектру відвалів:

- ІЧ-хемілюмінесценція. Дане випромінювання пов'язане із збудженням молекул певних речовин за рахунок хімічних реакцій. Як результат - зміна хімічного складу відвалів. Гірські породи насипу, після потрапляння на поверхню в інше, ніж в надрах, термодинамічне середовище, стають в водно-повітряних умовах нерівноважними і зазнають фізико-хімічних пере-

творень. Пухкий вуглевмісний матеріал відвалів під впливом атмосферної вологи та кисню інтенсивно окислюється аж інколи до самозаймання. Причиною самозаймання також є властивість вуглевмісних порід адсорбувати кисень, котрий і вступає в хімічну взаємодію з вуглевмісною речовиною [10].

- ІЧ- фотолюмінесценція. Вона обумовлена опроміненням насипів сонячним промінням. За рахунок цього відбувається накопичення сонячної енергії в певних мінералах. Наприклад, С. В. Калесник доводить дане твердження на прикладі атома алюмінію. У вивержених та сильно метаморфізованих породах кожний атом алюмінію оточений чотирма атомами кисню, а в мінералах осадових та слабо метаморфізованих порід – шістьма атомами. Міжатомна відстань у першому випадку – 1,6 – 1,75, у другому – 1,8 – 2,0 ангстрема. Так як збільшення відстані повинно відбуватись з поглинанням енергії, а зменшення – з її збільшенням, то виходить, що мінерали з максимальним запасом енергії (за рахунок зв'язку алюмінію з киснем) утворюються не в надрах Землі, а на її поверхні при постійному притоці енергії Сонця [3, 162]

Сонячне проміння, що досягає межі розділу двох середовищ (повітря та гірських порід), поглинається, розсіюється та відбивається іншим середовищем. Тепловий режим відвалів залежить від теплових властивостей гірських порід, що їх складають, і обумовлений переважно радіаційним балансом, який залежить від співвідношення енергії сонячної радіації, поглиненої підстильною поверхнею, і тепловим випромінюванням.

Тепловий баланс земної поверхні можна виразити як:

$R + P + B + LE = 0$, де R – радіаційний баланс земної поверхні; P – турбулентний теплообмін між земною поверхнею та атмосферою; B – потік тепла між земною поверхнею та нижче розташованими шарами ґрунту або води; LE – потік тепла, пов'язаний з фазовим перетворенням води (випаровування, конденсація).

Радіаційний баланс, у свою чергу дорівнює: $R = S + D - O - E_s + E_a$, де S, D, O – відповідно пряма, розсіяна та відбита радіація; E_s – випромінювання земної поверхні, E_a – протипроміння атмосфери.

Особливістю досліджуваних техногенних насипів є наявність ІЧ-хемілюмінесценції у витратній частині їх радіаційного балансу. Однак, оскільки дослідження проводилось за період, коли сонячне випромінювання було значним, то ІЧ-випромінювання відіграло головну роль у формуванні видаткової частини теплового балансу насипів.

Регулятором цього співвідношення є температура випромінюючої поверхні, від якої, за законом Стефана-Больцмана, у 4-му ступені залежить потік випромінювання: $I = \sigma T^4$.

Відношенням висхідного і низхідного (падаючого) потоків випромінювання є альbedo поверхні [7, 97]. Розрізняють спектральне (в залежності від ділянки спектру) та інтегроване (для всього потоку випромінювання) альbedo. Альbedo залежить від вмісту вологи та кольору досліджуваного компонента географічної оболонки, висоти Сонця та стану атмосфери.



Рис. 2. Температура підстильної поверхні міста Донецьк та його околиць. Названо шахти, що мають відвали (останні показано контуром)

Аналіз даних. Для аналізу впливу альбедо необхідним є співставлення оптичних та радіо-метричних даних початкового матеріалу.

Знімок LandSat-5 за 30.08.11 ліг в основу дослідження. За період семи днів до створення даного знімка на територію міста Донецьк (рис.2) не було зафіксовано опадів, хмарність була мінімальна.

На знімку в комбінації True Colors відвали зображені різними тонами сірого кольору. Тонові відмінності даних ділянок обумовлені геологічними тілами, їх забарвленням, речовинним складом, солярною експозицією тощо.

На період створення знімку освітленими є схили насипів південно-східної експозиції.

Ранній час зйомки вигідний відносно прозорим станом атмосфери, адже запиленість атмосфери в теплі періоди року відбувається у другій половині дня [5, 11]. Підвищення температур відвалів локалізоване до схилів південно-східної експозиції. Схили ж північної та північно-західної експозиції мають відносно низькі температури (рис.3). Оскільки час утворення знімку відвалів близько 8 години ранку, то головним фактором формування теплового режиму відвалів у цей час є не альbedo, а потік сумарної сонячної радіації.

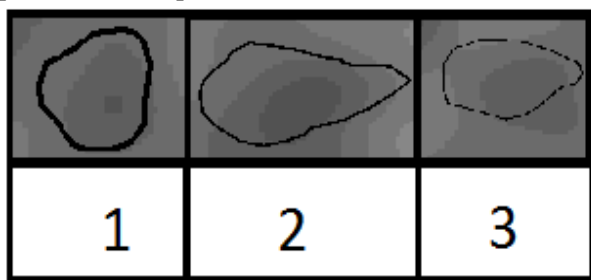


Рис. 3. Температурні відмінності схилів насипів Показано світлотонном різної інтенсивності. Максимуми температури зміщено щодо апікальних точок рельєфу. Відвали шахт: 1 - «Челюскінців»-№ 2 ; 2 - "Чумаковська"; 3 – «Трудівська» №1.

Потік прямої сонячної радіації для кожної точки відвалу є неоднаковим. Він визначається за формулою $S_s = S_m \times \cos i$, тобто залежить від косинусу кута i надходження сонячного проміння на задану поверхню та від потоку прямої радіації біля земної поверхні S_m при оптичній масі атмосфери m , що є в один і той час однаковою [5, 6]. Звісно, у час спостереження потік прямої радіації буде найбільшим для схилів південно-східної експозиції та привершинних ділянок плоских насипів, для всіх інших умов вона буде меншою. Якщо ж враховувати зміни впродовж доби, то потік інсоляції для південних схилів зі збільшенням кута схилу не збільшується, а зменшується, адже сонце у своєму добовому ході в середніх широтах влітку заходить далеко на північний схід та північний захід. Натомість, чим більшим є кут нахилу, тим коротшим є період освітленості [2, 108].

На карті температур для відвалів, що мають значну лісистість (Ветка 1 – 7, 6 Червона Зірка, Центрально-Заводська 1, Шахта № 19) відсутнє збільшення температур освітлених схилів. Зелені насадження пом'якшують добові коливання температури, нівелюють різницю температур різних частин відвалу, зменшують швидкість вітру на приземних ділянках тощо.

Висновок. Було складено карту розподілу температури підстильної поверхні за 30.08.11 о 8:07, на якій було виділено 22 штучних насипи на території міста Донецька та його околицях. За даними вихідного знімку та створеної карти був проведений аналіз складових частин теплового режиму поверхневої частини відвалів, виявлено, що джерелами формування радіаційного балансу відвалів окрім довгохвильового опромінення Сонця є ще ІЧ-хемілюмінесценція, котра в літній період є несуттєвою. Однак, її роль у формуванні термічного режиму відвалів у періоди з меншим сонячним опроміненням залишається нез'ясованою.

Література

1. Гавриленко Ю. Н. Техногенные последствия закрытия угольных шахт / [Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермакова, Ю. Ф. Кренида и др. / под ред. Гавриленко Ю. Н., Ермакова В. Н.]. – Донецк : Норд-Пресс, 2004. – 631 с.
2. Давид Р. Э. Избранные работы по сельскохозяйственной метеорологии / Р. Э. Давид. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 223 с.
3. Калесник С. В. Обице географические закономерности Земли / С. В. Калесник. – М.: Мысль, 1970. – 283 с.
4. Кашкин В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие / Кашкин В. Б., Сухинин А. И. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
5. Кондратьев К. Я. Радиационный режим наклонных поверхностей / К. Я. Кондратьев, З. И. Пивоваров, М. П. Федорова; под ред. К. Я. Кондратьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 170 с.
6. Мамницкий В.И. Аналитическая модель расчёта суммарной солнечной радиации на приёмные элементы солнечных батарей / В.И.Мамницкий, И.Г.Черванёв // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2007. - Т.3. - В. 2.- С. 45-51.
7. Тимофеев Ю. М. Основы теоретической атмосферной оптики: Учебно-методическое пособие / Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. – СПб: СПб гос.у-т, 2007. – 152 с.