

УДК 504.5.06:711

ОСНОВЫ УРБОЭКОЛОГИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ НА ЛИТОСФЕРУ

Ю.Н. Смирнов, Б.С. Турсбеков, С.Е. Саин

Инженерно-геологические исследования и современный практический контроль за состоянием почв позволят решить экологический кризис застроенных территорий.

Ключевые слова: экология; ландшафт; литосфера; геологические процессы; природные минералы.

FUNDAMENTALS URBAN ECOLOGY AND MODELING OF POLLUTANTS ON THE LITHOSPHERE

Yu.N. Smirnov, B.S. Tursbekov, S.E. Sain

Ecological crisis of the built-up territories will allow to solve engineering-geological researches and modern practical control of condition soils.

Keywords: ecology; landscape; lithosphere; geological processes; natural minerals.

В условиях экологического кризиса природа отступает под техногенным давлением. Для восстановления экологического равновесия между застроенной и природной средами некоторые исследователи предлагают нереальный путь значительного сокращения площади антропогенно измененных и застроенных земель, возвращения около трети освоенных и загрязненных территорий в естественное состояние. Такой возврат невозможен при наблюдающемся увеличении урбанизированных территорий и роста населения. Решение указанной проблемы – в экологизации¹ урбанизи-

¹ *ЭКОЛОГИЗАЦИЯ* – наряду с известным определением экологии как науки об условиях существования биоценозов в окружающей среде, в трудах Ю.Н. Смирнова [3] предлагается связать архетип экологии в первую очередь с понятием ЭКОСА – [от греч. οικόζ – дом, жилище, родина] – понятия обитаемого пространства жилища, родного поселения, города, страны и т. п. в античной этике; отсюда весь процесс экологизации приобретает характер научной и практической социально-экологической деятельности по формированию и обустройству среды камерных пространств (интерьеров) на различных таксономических уровнях – от внутреннего пространства (помещения, объекта или комплекса) до всего антропогенного и природного окружения обитаемых местностей в пределах того или иного территориального комплекса, подпадающего под определение *экоса*.

рованных территорий, устойчивой экологичной реконструкции мест расселения, реставрации нарушенных ландшафтов. Все это позволит создать принципиально новые экологичные объекты, родственные природе и включенные в естественные экосистемы, что постепенно приведет к восстановлению нарушенного равновесия, и остановит отступление природы. Такое принципиальное положение делает актуальной задачу создания экологичной среды жизни [1, 2].

Взаимодействие урбанизированных территорий с природой должно быть в гармонии с окружающей средой при градостроительном освоении, экореконструкции. Принципы взаимодействия с природой и сохранение среды жизни, экологической инфраструктуры и урбанизации должны базироваться на решениях градостроительной дисциплины – урбоэкологии, архитектурно строительной экологии, экологической инфраструктуры, соответствии законам природы (рисунок 1). Все эти решения составляют суть урбоэкологии.

Урбоэкология направлена на решение экологических проблем больших, частично застроенных и освоенных территорий – стран, областей, поселений, кварталов. В ее задачу входит разработка градостроительных решений, обеспечивающих высокое, экологически обоснованное (ограничиваемое емкостью экосистем, их природно-ресурсным потенциалом) качество жизни и одновременно эко-

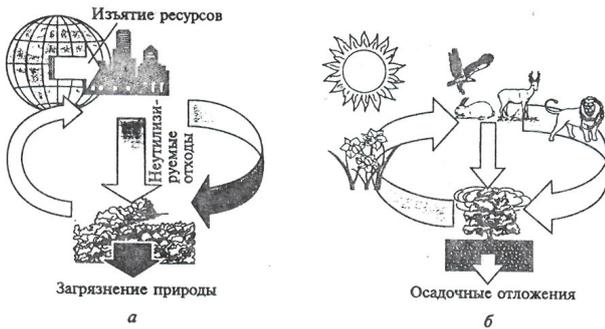


Рисунок 1 – Антропогенный (а) и природный (б) экоциклы

логическое равновесие, сохранение в необходимом объеме естественной природы. В структуру урбоэкологии входят:

- экологические основы (учет экологических постулатов, условия экологического равновесия);
- природно-ресурсные основы (проблемы экологического следа и городской уязвимости);
- территориально-планировочные основы (экологический каркас и коридоры);
- биологические основы (проблемы упругости экосистем);
- **инженерно-геологические** (выделено авторами статьи) основы (устойчивость литосферы);
- географические основы (устойчивость ландшафтов и их компонентов);
- инженерно-технические основы (проблемы восстановления экологического равновесия техническими средствами);
- индустриальные и транспортные основы (проблемы индустриальных перемещений, загрязнений и транспорта);
- гигиенические основы (проблемы влияния окружающей среды на человека);
- эстетические основы (пути увеличения архитектурно-эстетической ценности естественной и застроенной окружающей среды).

Экологические основы – это система экологических постулатов, которые необходимо соблюдать при урбанизации территории в целях сохранения природы, восстановления экосистем и получения высокого, экологически обоснованного качества городской среды, достижения устойчивости среды жизни [4].

Урбанизация негативно влияет на все сферы Земли. Очень опасны воздействия на литосферу – твердую оболочку Земли. В первую очередь происходит загрязнение и исключение из хозяйственного оборота почвы как наиболее доступного элемента

литосферы. На литосферу постоянно влияют естественные источники, но при этом не нарушается равновесие и ход привычных геологических процессов.

В результате исследований определены приоритетные (соли), наиболее сильно влияющие на засоленность почвы. Это – хлориды, силикаты и карбонат кальция. Разработана методика исследования систем, включающая природные минералы (галлит – NaCl, силикат кальция CaSiO_3 , карбонат кальция CaCO_3). В составе гумуса бурых почв, к которым относятся почвы под жилым массивом города, сульфакислоты заметно преобладают над гуминовыми кислотами. В формах связи гуминовых кислот содержание первой и третьей фракций незначительно. Количество второй фракции гуминовых кислот более высокое по сравнению с этой же фракцией сульфакислоты. Такой состав гумуса бурых почв находится в полном соответствии с биохимическими условиями разложения органической части фитомассы. Реакция почв слабощелочная. Емкость поглощения: песчаных и супесчаных почв – 3–10 мг-экв/100 г; суглинистых – 10–25 мг-экв/100 г почвы [5, 6].

В преобладающем большинстве у бурых почв, в подошве разреза первого метра, появляются легкорастворимые соли. Реакция почвенного раствора, обычная для бурых почв – щелочная (pH 7,50). Для почв города характерно первичное залегание легкорастворимых солей, представленных главным образом, карбонатами кальция. Сумма солей в опробованном горизонте составила 0,9 %. Водный режим почв – непромывной. Небольшая глубина промачивания почв, за счет атмосферных осадков, обуславливает перемещение солей в верхнем слое профиля (до 1 м).

Выполнены химико-аналитические исследования почв в изучаемом районе границе отвода. Во всех образцах грунта определили содержание щелочно-земельных металлов (Ca, Mg), щелочных металлов (Na, K), а также хлора и сульфатов (SO_4^{2-}) и величину pH. Средняя концентрация элементов из верхних интервалов скважины не отличалось от проб поверхностного слоя почвы (в подошве разреза первого метра). Возрастание содержания легкорастворимых солей объясняется усилением промачивания почв и, как следствие, промываемое™ почв (таблица 1). За этот период засоленность возросла на 2,5 %.

Как видно из данных таблицы 1, наблюдается наибольшее загрязнение почв хлоридами, кальциевым ионом и магнием.

Таблица 1 – Содержание солей в бурых солонцеватых почвах

Параметр	Содержание, мг/100 г	
	2012 г.	2014 г.
Калий (Kailua) K^+	12,30	13,20
Магний (Magnesium) Mg^{2+}	21,40	22,70
Натрий (Natrium) Na^+	69,87	69,17
Хлор-ион (Chloride) $[Cl^-]$	125,50	127,60
Кальций (Calcium) Ca^{2+}	238,27	242,38
Сульфаты (Sulphate) $[SO_4^{2-}]$	660,34	670,40

Результаты аналитических исследований, по породам бурых почв (2012–2014 гг.) свидетельствуют об отсутствии выраженного техногенного воздействия.

Разработана методика исследования систем, включающая природные минералы (галлит – $NaCl$, силикат кальция $CaSiO_3$ и карбонат кальция $CaCO_3$). Изучение взаимодействия в подобных многокомпонентных системах ставит целью получение полной диаграммы “состав-свойство”: степень засоления. Целью исследования сложных многокомпонентных систем обычно является построение зависимостей свойств от состава и режима обработки, нахождение оптимального состава и режима, удовлетворяющих требованиям по одному или нескольким выходным параметрам (свойствам системы) [5].

Известно, что построение многокомпонентных диаграмм состояний и диаграмм “состав-свойство” связано, как правило, с очень большим объемом экспериментальных работ. Такие системы можно изучить методом математического моделирования: состав q – мерной системы задаётся $(q-n)$ – симплексом [7], и функция, описывающая влияние состава на свойства системы, может быть выражена полиномом некоторой степени от значений независимых переменных X_1, X_2, X_3 – количество n -го компонента в смеси. Для случая, когда свойство зависит от состава смеси, а не от её количества, Шеффе [7] предложил особый случай планирования экспериментов, в основе которого лежит расположение экспериментальных точек по так называемым симплексным решеткам.

Симплекс – решетчатые планы являются насыщенными, т. е. содержат минимально возможное число экспериментальных точек, необходимых для оценки коэффициентов полиномов. Поэтому адек-

ватность полученных моделей оценивается по дополнительным контрольным точкам [8].

Выбор последних весьма произволен. Обычно контрольные точки располагают на тех участках диаграммы, изучаемое свойство в которых представляет наибольший интерес для экспериментатора, либо выбор их основан на высоком порядке. Адекватность описания исследуемого свойства полученной модели в некоторой точке симплекса оценивается с помощью t – критерия [9].

Принята нормированность суммы независимых переменных $\sum X_n = 1$. В рассматриваемой системе изучаемое свойство (степень засоления) зависит от состава смеси, но не от ее количества. Для изучаемой 3-х компонентной системы находили модель четвертой степени по приближению.

Модель четвертой степени, описывающая влияние состава на степень засоления образцов в системе $NaCl - CaSiO_3 - CaCO_3$, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 Y = & \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \\
 & + \beta_{23} X_2 X_3 + y_{12} X_1 X_2 (X_1 X_2) + y_{13} X_1 X_3 (X_1 - X_3) + \\
 & + y_{23} X_2 X_3 (X_2 - X_3) + \dot{a}_{12} X_1 X_2 (X_1 - X_2)^2 + \\
 & + \dot{a}_{13} X_1 X_3 (X_1 - X_3)^2 + \dot{a}_{23} X_2 X_3 (X_2 - X_3)^2 + \\
 & + \beta_{1123} X_1^2 X_2 X_3 + \beta_{1223} X_1 X_2^2 X_3 + \beta_{1233} X_1 X_2 X_3^2.
 \end{aligned}$$

В результате выполнения экспериментов получены значения степени засоления образцов при изучаемой температуре. Составлена матрица планирования, в которой независимые переменные X_1, X_2, X_3 представляют собой компоненты системы (таблица 2).

Для построения геометрической поверхности степени засоления рассчитаны линии через каждые 10 %. Был проведен расчет значения параметра точки на диаграмме по степени засоления через 10 % с нанесением значения точки на треугольник.

Изучено взаимодействие в системе $NaCl - CaSiO_3$ при $t = 25$ °С. Сложная мультиминеральная смесь в процессе взаимодействия рассматривалась с точки зрения интегрального эффекта засоленности почв за счет образования солевых отложений, минералов, состоящих из хлоридов и сульфатов щелочных и щелочноземельных металлов. Взаимодействие наблюдалось на межповерхности контакта солей. В объеме брикета образуется сетчатая структура, где локальным центром засоления являются точечные образования солевых связей, окристаллизованных агрегатов, за счет чего возрастает степень засоленности.

На диаграмме, построенной методом симплексных решеток, нанесены изотермические кри-

Таблица 2 – Матрица планирования системы NaCl – CaSiO₃ – CaCO₃

№ опыта	Состав смеси						Индекс коэфф.	Степень засоления, %
	X ₁	X ₂	X ₃	NaCl	CaSiO ₃	CaCO ₃		
1	1	0	0	100	100	0	У ₁	61,2
2	0	1	0	0	0	0	У ₂	82,4
3	0	0	1	0	0	100	У ₃	85,9
4	1/2	1/2	0	50	50	0	У ₁₂	83,7
5	1/2	0	1/2	50	0	50	У ₁₃	79,2
6	1/2	1/2	0	50	50	50	У ₂₃	86,3
7	3/4	1/4	0	75	25	0	У ₁₁₁₂	88,4
8	1/4	3/4	0	25	75	0	У ₁₂₂₃	83,7
9	3/4	0	1/4	75	0	25	У ₁₁₁₃	81,2
10	1/4	0	3/4	25	0	75	У ₁₃₃₃	86,9
11	0	3/4	1/4	0	75	25	У ₂₂₂₃	89,7
12	0	1/4	3/4	0	25	75	У ₂₃₃₃	89,9
13	1/2	1/4	1/4	50	25	25	У ₁₁₂₃	89,4
14	1/4	1/2	1/4	25	50	25	У ₁₂₂₃	91,2
15	1/4	1/4	1/2	25	25	50	У ₁₂₃₃	89,7

вые степени засоленности с выявлением областей образования наиболее засоленных почв.

Наибольшая степень засоления достигается при соотношении компонентов X₁: X₂: X₃ = 10:60:30 (рисунок 2).

В области, обогащенной карбонатом и силикатом, степень засоления более высокая (до 90 %), в “хлоридном углу” степень засоления заметно ниже – до минимальной 54 %.

Выявляется закономерность возрастания степени засоленности по мере увеличения содержания карбоната и силиката кальция от 72,7 % до 89,0 %. Это связано с меньшей растворимостью карбонатов и силикатов по сравнению с хлоридами, т. к. последние легко вымываются из почвы.

Таким образом, диаграммный анализ засоленности почвы позволил выявить, что карбонаты и силикаты наиболее существенно влияют на засоленность почвы. Кроме того, полная диаграмма “состав-свойство” системы NaCl – CaSiO₃ – CaCO₃ позволят прогнозировать состояние почвы урбанизированной территории.

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

Инженерно-геологические основы являются одним из важнейших составляющих структуры урбоэкологии, исследования и своевременный практический контроль содержания которых влияет на устойчивое формирование литосферы – почв

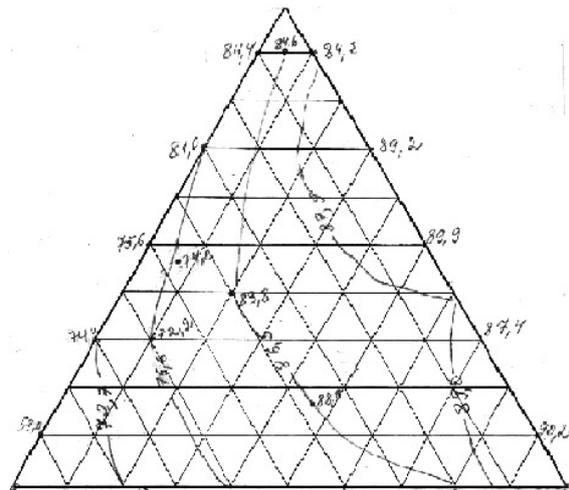


Рисунок 2 – Изотермический разрез системы NaCl – CaSiO₃ – CaCO₃

и всей подстилающей поверхности урбанизированных территорий на примере г. Алматы.

Методом диаграммного анализа изучены закономерности изменения засоленности почвы хлоридами, силикатами и карбонатами.

Диаграммный анализ засоленности почвы показал, что карбонаты и силикаты наиболее существенно влияют на засоленность почвы. Кроме того, полная диаграмма “состав-свойство” системы $\text{NaCl} - \text{CaSiO}_3 - \text{CaCO}_3$ позволит прогнозировать состояние почвы урбанизированной территории исследованных районов г. Алматы.

Литература

1. *Владимиров В.В.* Урбоэкология / В.В. Владимиров. М.: МНЭПУ, 2006. 204 с.
2. *Владимиров В.В.* Расселение и экология / В.В. Владимиров. М.: Стройиздат, 1996. 392 с.
3. *Смирнов Ю.Н.* Архитектурное формирование природно-антропогенной среды / Ю.Н. Смирнов. Бишкек: Илим, 2005. 150 с.
4. *Турсбеков Б.С.* Экологическая обстановка г. Алматы / Б.С. Турсбеков, Б.К. Асылбекова, Р.А. Казова и др. // Тр. межд. науч.-практич. конф. “Архитектура и строительство в новом тысячелетии”. Алматы: КазНТУ, 2009. С. 483–485.
5. *Акимова Т.А.* Экология / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. М.: ЮНИТИ, 2006. 495 с.
6. *Sheffe H.* Experiments with mixtures / H. Sheffe // V. Roy. stat. Soc. 1958. Ser. B.V. 20. P. 344–360.
7. *Зятькова Л.Р.* Применение планирования эксперимента при исследовании свойств силикатных расплавов / Л.Р. Зятькова, Е.В. Хохлова, Л.А. Владимирова, и др. // Заводская лаборатория. 1977. Вып. 43, № 7. С. 875–876.
8. *Чемлева Т.А., Микемина Н.Г.* Применение симплекс-решетчатого планирования при решении диаграмм состав-свойство / Т.А. Чемлева, Н.Г. Микемина // В сб.: Новые идеи в планировании эксперимента. М.: Наука, 1989. С. 191–208.
9. *Маслов Н.В.* Градостроительная экология / Н.В. Маслов. М.: Высшая школа, 2003. 284 с.