

**СОЗДАНИЕ СЕРИИ КАРТ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО
РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ
БОЛЬШОГО СЕВАСТОПОЛЯ
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА**

E.B. Подбельцева, A.M. Новикова

Филиал Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
в г. Севастополе,
г. Севастополь, ул. Героев Севастополя, 7
E-mail: geoeco@msu.sevastopol.net

С помощью ГИС-технологий построены карты эколого-географического районирования территории Большого Севастополя, проведен анализ геоэкологического состояния выделенных районов.

Введение. Эколого-географическое районирование территорий позволяет определить районы, перспективные для соответствующих типов природопользования, выбрать районы с минимальными экологическими издержками, дать прогноз относительно экологического риска существующей или намечаемой экологической деятельности, что становится особенно актуальным при составлении планов генерального развития городов. Анализ карт по геоэкологическим районам позволяет получить качественно новую информацию по экологической ситуации в каждом районе. Это открывает новые возможности оценки экологического состояния города: отслеживание динамики происходящих процессов, выявление тенденций их развития и в результате повышение эффективности принимаемых решений в области экологической безопасности.

В данной работе продолжено исследование геоэкологического состояния территории Большого Севастополя и построены карты, дополняющие карту природопользования, составленную ранее [1]. Работы по созданию карты проводились поэтапно, с помощью ГИС-технологий. На рис. 1 представлена схема, отображающая общую последовательность работ.

На первом этапе было проведено

эколого-географическое районирование территории. Районирование проводилось с применением ландшафтно-геохимического метода с последующим уточнением экологической обстановки выделяемых районов. В работе использованы статистические материалы Государственного управления по охране окружающей природной среды в г. Севастополе, Государственной экологической инспекции в г. Севастополе, Генеральный план города Севастополя, характеризующий антропогенную нагрузку по видам землепользования.

Сначала проведено деление территории на бассейны рек, внутри которых происходят сбросы и накопление загрязняющих веществ. Выделенные бассейны взяты за основу для дальнейшего деления территории на эколого-географические районы. Карта бассейнов рек региона построена на основе электронной карты рельефа г. Севастополя. Выбранная карта рельефа является достаточно подробной для построения карты бассейнов рек и водотоков (горизontали проведены через 5 и 10 м на разных участках карты). Так как имеющаяся карта рельефа была составлена изначально в программе AutoCAD (как часть генплана города), которая не является картографической программой, то при переводе изолиний в таблицы программы MapInfo не была перенесена информация о значении изолиний. Значения изолиний были выведены непосредственно на карту на экране как растровые изображения (в отдельный слой), а не векторная графика, которую можно было бы обработать в MapInfo либо в программе Surfer. Кроме того, изолинии были переведены из программы AutoCAD в виде полилиний, а не полигонов, а MapInfo воспринимает рельеф только в виде полигональных, замкнутых объектов. Поэтому было принято решение об обработке рельефа вручную, без автоматизации процесса. Для того чтобы показать основные бассейны рек, была поставлена задача определения местоположения водоразделов.

Поскольку по определению, водораздел – это условная топографическая линия на земной поверхности, разделяющая водосборы двух или нескольких рек, озёр, морей или океанов, и направляющая сток атмосферных осадков по двум противоположным склонам. То есть для

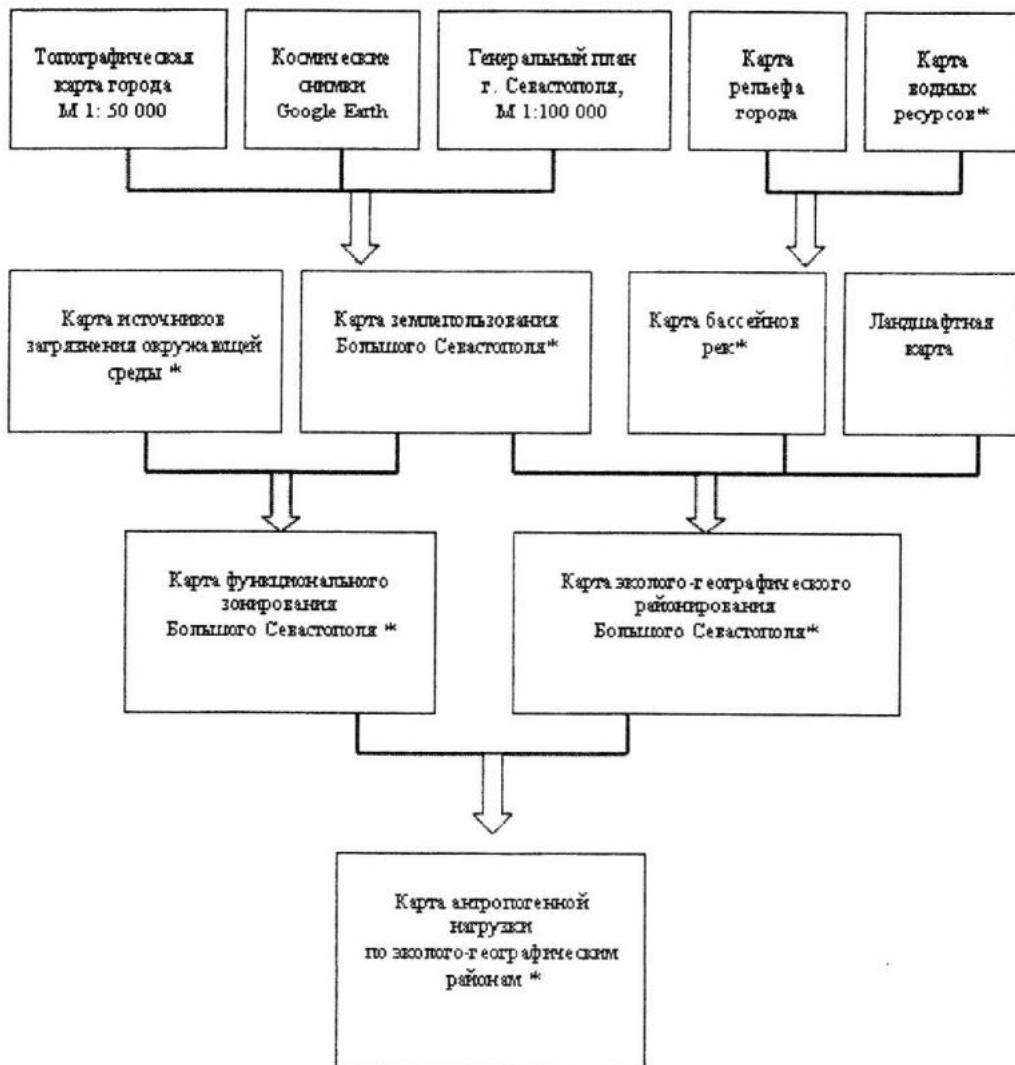


Рис. 1. Схема последовательности разработки карт при проведении эколого-географического районирования

Символом * отмечены карты, построенные в данной работе с применением ГИС – технологий

того, чтобы определить положение водораздела, необходимо учитывать область стока водотоков, направление уклона склонов и линии перегиба рельефа. При отсутствии бергштрихов на карте задача несколько усложняется, но вполне выполнима.

В программе MapInfo был создан отдельный слой «бассейны» для удобства работы с картой, в котором были созданы полигонии, проходящие по водоразделам. Таким образом, были прорисованы основные водоразделы между реками и впадающими в море и бухту водотоками. Карта выполнена в проекции SK – 95 (Российская).

Далее на карту бассейнов рек наложена ландшафтная карта города. По ней в пределах выделенных районов определены территории со сходными природными условиями (почвы, растительность, климат, т.к. ландшафтная карта составлена с их учетом). Некоторые бассейны разделены на более мелкие образования соответственно ландшафтной карте. Для того чтобы районы выделялись не только по природным признакам, но и включали антропогенную нагрузку, и отражали хозяйственную структуру территории, были использованы карты землепользования и природопользования, составленные ранее [1]. Таким образом, в ходе выполнения данной работы была создана электронная карта ландшафтов г. Севастополя. Существующая Ландшафтная карта Большого Севастополя была по частям отсканирована и привязана к координатам в программе Map-Info. Затем по ней были отрисованы границы и подписаны названия ландшафтных зон, поясов и микрорайонов в отдельно созданном слое «ландшафты». Далее в режиме «Отчета» (который позволяет задать масштаб карты, который сохранится при печати) программы Map-Info было завершено оформление карты: была создана легенда и подписан масштаб карты.

Анализ карт, совмещенных друг с другом, выполнялся с использованием ГИС-технологий с помощью программы MapInfo. В результате, в пределах города было выделено 11 эколого-географических районов (ЭГР) с различной структурой природопользования, степенью

хозяйственной нагрузки, различной экологической обстановкой.

На рис. 2 показана карта эколого-географических районов:

I. Временные водотоки Альминской равнины.

II. Бассейн р. Кача.

III. Бассейн р. Бельбек.

IV. Временные водотоки со стоком в Севастопольскую бухту.

V. Временные водотоки со стоком в бухты со свободным водообменом.

VI. Бассейн р. Балаклавка (или Балаклавской долины).

VII. Южный макросклон Главной гряды Крымских гор.

VIII. Предгорья.

IX. Эрозионное низкогорье Крымских гор.

X. Байдарская котловина.

XI. Северный макросклон Главной гряды Крымских гор.

Рассмотрим подробнее критерии выделения каждого района, а также особенности формирования границ некоторых из них.

Район временных водотоков Альминской равнины (район I) не имеет постоянно действующих естественных водотоков (из водных протоков есть канал, соединяющий два пруда в центре района и на побережье). Отличительная черта этого района – территория почти полностью занята сельскохозяйственным типом природопользования. Вынос загрязняющих веществ затруднен в связи с небольшим уклоном рельефа и отсутствием постоянных водотоков.

Участки бассейнов рек Кача и Бельбек (районы II и III), расположенные в пределах Севастопольского региона, не разделены на более мелкие образования, как был поделён бассейн р. Чёрная. Эти бассейны лежат в пределах одной ландшафтной зоны – предгорной, а структура природопользования однородна и не позволяет отделить какую-либо территорию от остальной так, чтобы она отличалась и по природным особенностям.

Временные водотоки Гераклейского плато были поделены на 2 категории, или на 2 района (IV и V):

– в IV район включены те, у которых область стока – Севастопольская бухта, а значит, в пределах их водосборов распо-

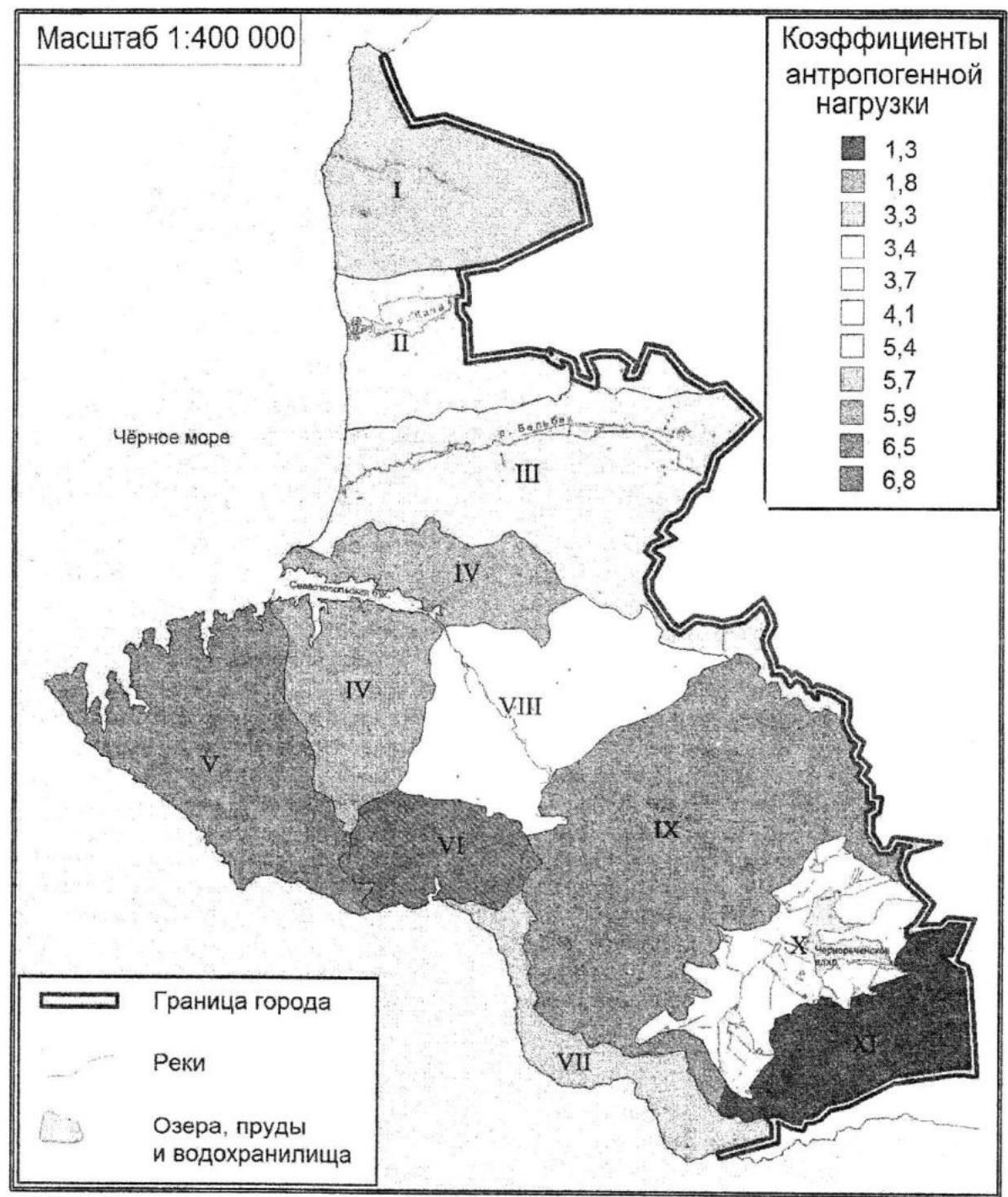


Рис. 2. Распределение индивидуальных значений коэффициента антропогенной нагрузки по выделенным эколого-географическим районам территории Большого Севастополя

ложены основные источники поступления загрязняющих веществ в бухту (к ним в последующем были присоединены временные водотоки Северной стороны города, также имеющие сток в Севастопольскую бухту – всё это бывшие притоки р. Чёрная);

– в V район входят временные водотоки со стоком в бухты со свободным водообменом (Двойная, Казачья, Камышовая, Круглая, Стрелецкая, Карантинная). В них практически не происходит накопление загрязняющих веществ (за исключением Карантинной и Камышовой бухт; однако и здесь ситуация намного лучше, чем в Севастопольской бухте).

Несмотря на то, что Балаклавская долина разделена на две ландшафтные зоны (Предгорья и Северного макросклона Крымских гор), было решено не делить её на более мелкие районы в связи с единством природно-хозяйственных процессов, происходящих в пределах ее границ. То есть выдержано единство области стока для сельскохозяйственной, селитебной и промышленной зон – основных источников влияния. Также в район Балаклавской долины (VI) был включен 2,5 километровый участок побережья к западу от входа в бухту, область стока которого составляет Чёрное море. Влияние данного участка сказывается большей частью на жителях г. Балаклава, на домах и улицах которого оседает пыль из карьера, расположенного в пределах включенного в район участка.

Район Южного макросклона Главной гряды Крымских гор (VII) имеет свои природно-климатические особенности, связанные с растительностью, водными ресурсами, количеством солнечной радиации, береговыми морфосистемами и др., что предопределило формирование здесь двух основных типов природопользования – рекреационного и природоохранного, в этом основное отличие района. Рекреационные территории расположены вдоль побережья, на юге района, а природоохранные занимают северную половину района.

Область предгорья, расположенная в пределах бассейна р. Чёрная, была выделена в отдельный район (VIII), т.к. он

лежит в пределах предгорной ландшафтной зоны. Здесь представлены наиболее значительные площади, занятые сельскохозяйственным типом природопользования среди других районов бассейна Чёрной реки, а значит, он должен испытывать максимальную антропогенную нагрузку среди них. На равнинах располагаются сельскохозяйственные наделы, а возвышенные участки территории заняты дубовыми и сосновыми лесами. Здесь начинается переход от лесостепных к лесным ландшафтам, а также в пределах данного района расположена значительная часть сельхоззоны города, поэтому данный район можно считать экотоном между селитебной и лесной зонами города, где сельскохозяйственные территории обладают чертами и природных, и антропогенных ландшаftов.

Район эрозионного низкогорья (IX) лежит полностью в зоне широколиственных и сосновых лесов Северного макросклона Крымских гор, который представлен поясом дубовых и можжевелово-сосновых лесов. Здесь практически не встречается источников антропогенного влияния, за исключением небольших заселённых территорий горных долин на юге и на севере района. Район был выделен с учетом деления территории на ландшафтные микrorайоны, т.к. с точки зрения преобладающих на данной территории природных процессов, район представляет собой единое целое (единая область стока – р. Черная, высокая степень самоочищения территории за счет лесных ландшаftов, небольшая антропогенная нагрузка). Этот район фактически исполняет роль «легких» города, а также служит местом отдыха для севастопольцев.

Район Байдарской котловины (X) выделен в отдельное образование не только потому, что отличается от прилегающей территории ландшафтной структурой и геоморфологическим строением, но еще и потому, что в его пределах сосредоточены основные источники антропогенного влияния в Чернореченском бассейне: селитебные комплексы сёл Байдарской долины и связанная с ними инфраструктура, в том числе канализационные сооружения и котельные.

Последний район в бассейне р. Черная – Северный макросклон Главной гряды Крымских гор (XI) так же, как и район эрозионного низкогорья – залесённый, и испытывает минимальную антропогенную нагрузку, являясь при этом основным источником поступления чистой питьевой воды в Чернореченское водохранилище и в г. Севастополь, а значит, данный район выполняет средо-воспроизводящую функцию.

Таким образом, карта экологического районирования характеризуется тем, что показывает районирование территории по сложившейся современной экологической обстановке, при этом объектом районирования выступает целостное природно-антропогенное образование, что дает основание отнести данное районирование к эколого-хозяйственному или эколого-экономическому виду.

На втором этапе работ определена степень антропогенной нагрузки по эколого-географическим районам по методике, описанной Воробьевой Т.А. в [2]. Т.е. проведена оценка вклада всех видов природопользования (ПП) по занимающей им площади в пределах каждого района, а также по баллу их антропогенной нагрузки на ландшафты. Определение балла антропогенной нагрузки каждого вида ПП обусловлено наличием/отсутствием следующих факторов:

- угрозы здоровью населения от загрязняющих веществ, образованных в результате деятельности природопользователей;
- угрозы нанесения вреда экосистеме;
- нарушенности компонентов экосистемы (например, эрозия почв, пониженное биоразнообразие);
- средообразующего потенциала, т.е. способности осуществлять экосистемой сервисные услуги (очищение воздуха, вод и почв от загрязнения; воспроизведение кислорода и других биогенов, необходимых для функционирования экосистемы).

Балльная шкала берётся от 1 до 10 баллов таким образом, чтобы минимальный балл антропогенной нагрузки достался самым чистым территориям с ограниченным ведением хозяйственной деятельности (эталон для территории г.

Севастополя – особо охраняемые природные территории). Максимальный баллдается тем природопользователям, которые наносят максимальный вред состоянию окружающей среды (эталон – промышленные предприятия и свалки ТБО). Описание балльной шкалы дано в работе [1].

Для вычисления суммарной антропогенной нагрузки для районов в целом предлагается следующая формула

$$A_n = \sum_{i=1}^n S_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где S_i – площадь вида (i -го) использования земель, в км^2 ; B_i – балльная оценка антропогенной нагрузки по i -му виду с учетом корректировки по дополнительным факторам; n – число видов ПП.

Суммарная антропогенная нагрузка делится на площадь эколого-географического района, в результате чего получается коэффициент антропогенной нагрузки по району, значение которого можно сравнивать с соседними районами

$$k = \frac{A_n}{S}, \quad (2)$$

где S – общая площадь района, в пределах которого производятся расчеты, в км^2 , A_n – суммарная антропогенная нагрузка.

Далее в соответствии с формулой (1), данными по площадям и количеству объектов конкретных видов ПП в пределах выделенных районов и приведенными выше значениями балльной оценки антропогенной нагрузки были вычислены значения суммарной антропогенной нагрузки для каждого эколого-географического района. Сначала вычислялись и вписывались в таблицу значения нагрузки по каждому виду ПП, затем полученные значения суммировались по районам. Все вычисления проводились в программе «Microsoft Office Excel 2007». В итоге вычислений для IV, V, VI и VII районов коэффициент нагрузки, с учетом точечных объектов, увеличился на 1,5 – 2 пункта; для I – III, VIII и X районов – на 0,5 – 0,7 пункта, а

для IX и XI районов остался неизменным. Это связано с тем, что в последних двух указанных районах нет единичных точечных объектов, оказывающих значимое влияние на состояние окружающей среды, в I – III, VIII и X районах их количество немного возрастает, а в IV – VII районах такие объекты вносят значительный вклад в загрязнение окружающей среды.

Полученные данные по коэффициентам антропогенной нагрузки заносились в таблицу «районы» программы MapInfo, где было построена карта распределения антропогенной нагрузки по районам, приведенная на рис. 2.

На карте видно, что IX и XI районы максимально приближены к естественным ландшафтам, и испытывают очень слабую антропогенную нагрузку. Это районы с высокой степенью самоочищения, потенциалом самовосстановления и средообразования, с минимальной нарушенностью компонентов экосистемы. Угроза нанесения вреда соседним экосистемам или здоровью населения практически отсутствует. Связано это прежде всего с тем, что практически полностью районы заняты лесохозяйственным типом ПП, а кроме того, район Северного макросклона Главной гряды (XI) обладает наименьшим среди всех коэффициентом нагрузки, который равен 1,3, что объясняется высокой степенью заповеданности территории (у данного типа ПП балл нагрузки = 1). Для района Эрозионного низкогорья (IX) коэффициент нагрузки (k) равен 1,8 – выше, чем для предыдущего, т.к. только половина территории лежит в пределах заказника «Байдарский», а также здесь присутствуют сельскохозяйственный и селитебный типы ПП.

В III, VII и X районах k нагрузки лежат в пределах 3 – 4. Это районы с высокой степенью самоочищения, средним потенциалом самовосстановления и средообразования, они испытывают незначительную антропогенную нагрузку, но у них также минимальна нарушенность компонентов экосистемы. Угроза нанесения вреда соседним экосистемам или здоровью населения отсутствует.

Здесь расположено больше (в процентном соотношении к площади рай-

онов) территорий, занятых различными подтипами сельскохозяйственного, селитебного и рекреационного природопользования. Значительный вклад в благополучие экологической обстановки районов вносят лесохозяйственное и природоохранное ПП.

Район Южного макросклона Главной гряды (VII) мог бы попасть в категорию абсолютно чистых, максимально приближенных к естественным ландшафтам, если бы не 5 колодцев очистных сооружений (и связанных с ними сбросов сточных вод), расположенных на его территории, а также курортно-рекреационных комплексов. Иного вида антропогенной деятельности здесь практически не встречается.

Район Бассейна р. Бельбек (III) (k нагрузки = 3,4) представляет собой буферную зону между селитебными ландшафтами города и с/х полями районов бассейна р. Кача и Альминской равнины. Здесь лесная растительность дает дополнительный приток пресной воды в р. Бельбек (существуют проекты по строительству водохранилища на одном из её притоков, что способствовало бы решению проблем с водоснабжением города). Кроме того, она сглаживает резкие колебания температуры воздуха в отдаленных от моря частях района, и в целом создает благоприятные условия для жизнедеятельности человека и экосистем; способствует самоочищению воздушного бассейна от выбросов промпредприятий Северной стороны города и г. Инкерман.

Далее по возрастанию k нагрузки следует район Байдарской котловины (X) (k = 3,7). Он полностью лежит в пределах заказника «Байдарский», но на природоохраный тип ПП накладывается значительный по площади селитебный, с/х и водохозяйственный типы, а также связанная с ними инфраструктура. Последнее время сельскохозяйственные поля практически не распахиваются, что способствует восстановлению естественных ландшафтov на территории района, а также их самоочищению, однако бывшие поля совхоза проданы в частные руки, о последствиях продажи пока что можно только догадываться.

Перечисленные выше районы дают

положительный вклад в общее геоэкологическое состояние территории Большого Севастополя.

Для VIII района k попадает в категорию от 4 до 5 (фактически равен 4,1). Это значит, что район обладает незначительной степенью самоочищения, низким потенциалом самовосстановления и средообразования, испытывают слабую антропогенную нагрузку при заметной нарушенности компонентов экосистемы. Угроза нанесения вреда соседним экосистемам или здоровью населения слабая.

Это район Предгорья, где воздействия от с/х, специального военного и селитебного типов ПП нивелируются лесохозяйственным типом ПП, и территория района дает нейтральный вклад в общее геоэкологическое состояние Севастопольского региона.

Коэффициенты нагрузки I, II и IV районов попадают в категорию от 5 до 6. Территории этих районов отличаются низкой степенью самоочищения, низким потенциалом самовосстановления и средообразования, испытывают заметную антропогенную нагрузку при значительной нарушенности компонентов экосистемы. Угроза нанесения вреда соседним экосистемам и здоровью населения значительная.

Районы Временных водотоков Альминской равнины ($k = 5,7$) и Бассейна р. Кача ($k = 5,4$) в целом сходны по качественному составу источников загрязнения (с/х и селитебный типы ПП), которые имеют небольшие баллы антропогенной нагрузки, но в I районе значительную площадь занимает специальное военное ПП, увеличивающее общий коэффициент нагрузки района.

В районе Временных водотоков со стоком в Севастопольскую бухту ($k = 5,9$) расположено около половины селитебных комплексов города (в пределах городской черты), значительная часть территорий занята промышленным и специальным военным типами ПП, что приближает данный район к экологически неблагоприятным территориям. Однако около 25 % территории района занято лесохозяйственным типом ПП, что

улучшает общую картину антропогенной нагрузки района.

Коэффициенты нагрузки V и VI районов попадают в категорию от 5 до 6. Это районы с низким потенциалом самовосстановления и средообразования, низкой степенью самоочищения, с высокой степенью антропогенной нагрузки и нарушенностью компонентов экосистемы. Угроза нанесения вреда соседним экосистемам и здоровью населения высокая.

Район Временных водотоков со стоком в бухты со свободным водообменом имеет коэффициент нагрузки, равный 6,5. В данном районе сосредоточена вторая половина селитебных территорий города, большие площади заняты садовыми участками и промпредприятиями, а также здесь сосредоточена большая часть территорий специального военного типа ПП. «Зелёная зона» в данном районе формируется за счет садовых участков и частного сектора, а также редких городских парков и небольших массивов леса – все эти виды ПП способствуют улучшению качества окружающей среды района.

Район Балаклавской долины, согласно использованной в данной работе методике, получил максимальный среди всех районов коэффициент нагрузки, равный 6,8. Район занимает небольшую площадь (около 36 км²), большую часть которой занимают с/х, селитебный, промышленный и коммунально-бытовой типы ПП. Вклад последних двух типов ПП настолько велик, что его не может нейтрализовать имеющаяся в районе лесная растительность. В районе Балаклавской долины следует провести рекультивацию нарушенных земель (карьеров и отвалов), желательно ограничить или сократить деятельность Балаклавского рудоуправления, что способствовало бы стабилизации экологической обстановки в районе, а также привлечению дополнительных туристических потоков.

Последние пять районов дают отрицательный вклад в общее геоэкологическое состояние территории Большого Севастополя.

На третьем этапе в программе Adobe Photoshop в виде отдельных слоев были

созданы и соединены в одно изображение: легенда к карте и пояснительный текст; рамка и сетка координат; название карты и сама карта.

Выводы. Эколого-географическое районирование – это основа для всестороннего информационного обеспечения управлеченческих мероприятий, направленных на оптимизацию природопользования, устранение последствий негативного воздействия на окружающую среду, планирование различных работ. В ходе данного исследования было проведено эколого-географическое районирование территории Большого Севастополя для оценки степени критичности экологической обстановки в пределах выделенных районов, а также выявления путей их дальнейшего развития. Результатом работы стало создание серии карт: бассейнов рек и водотоков, функционального зонирования, эколого-географического районирования, карты антропогенной нагрузки; а также создан электронный вариант карты ландшафтов. Анализ карт, совмещенных друг с другом, выполнялся с использованием ГИС-технологий с помощью программы MapInfo.

В данной работе использован ландшафтно-геохимический метод, т.к. он позволяет определить границы стока и переноса загрязняющих веществ в пределах водосборных бассейнов, позволяет оценить способность территории к самоочищению и самовосстановлению по свойствам расположенных в ее пределах ландшафтов.

Выделены основные типы природопользования, встречающиеся на территории города – селитебный, сельскохозяйственный, лесохозяйственный, природоохранный, промышленный, специальный военный, пространственно-связывающий, коммунально-мемориальный и водохозяйственный.

Источники загрязнения локализованы по берегам Севастопольской бухты, в Балаклаве и Мекензиевском лесничестве, обстановка на остальной территории в целом благополучна.

Фактически территория подчиняется закону географической зональности не только с точки зрения природных систем, но и антропогенных. На севере и юго-западе города расположены агро-

ландшафты – в пределах равнинных территорий, горно-лесная зона практически не затронута человеческой деятельностью, юг благоприятен для рекреационной деятельности, а центр – где наиболее благоприятное стратегическое положение – расположена селитебная зона города и основные промышленные предприятия, в т.ч. порты.

Таким образом, в пределах города было выделено 11 эколого-географических районов с различной структурой природопользования, степенью хозяйственной нагрузки, различной экологической обстановкой. Районы обладают единым направлением геохимических потоков, единой ландшафтной структурой, однородной хозяйственной структурой территории. При этом III, VII, IX – XI районы дают положительный вклад, VIII район – нейтральный, а I, II, IV – VI – отрицательный вклад в общее геоэкологическое состояние территории Большого Севастополя. В целом возможно уменьшение антропогенной нагрузки в пределах районов за счет смены видов деятельности (смены видов ПП). Природопользование на территории Большого Севастополя нуждается в более тщательном контроле со стороны Государственного управления охраны окружающей природной среды г. Севастополя и городских органов самоуправления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подбельцева Е.В., Новикова А.М. Картографирование природопользования Большого Севастополя в системе экологического мониторинга // Системы контроля окружающей среды / Средства, информационные технологии и мониторинг.– Севастополь: МГИ НАН Украины, 2010. – С.138 –145.
2. Воробьёва Т.А., Поливанов В.С., Поляков М.М. Муниципальные ГИС: информационное обеспечение экологического контроля. Вологда: ВНИЦЭМИ РАН, 2006. – 250 с.