

Материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в исследованиях влияния вод на экологию водных бассейнов

В. Серенко, Я. Пархисенко

В последнее время Украинский центр менеджмента земли и ресурсов (УЦМЗР), который основан Украинским институтом исследований окружающей среды и ресурсов при Совете национальной безопасности и обороны Украины и Мичиганским Институтом исследований окружающей среды ERIM (в последнее время переименованный на Altarum), использует значительные информационные возможности методов ДЗЗ в исследованиях отрицательного влияния вод на экологию водных бассейнов и, в первую очередь, влияние паводков, которые на речках бассейновой Тисы достигают катастрофических размеров. Паводки на речках Закарпатья разрушают дамбы и дома, приводят к гибели людей, вызывают значительные материальные убытки, как это произошло в листопаде 1998 года и повторилось в марте 2001.

Значительные уклоны горной местности на Закарпатье определяют быстрое развитие паводков. Подъемы уровней достигают 1,5-2,5 м за 3-4 часа. Одновременно происходит быстрый сброс паводковых вод из горных притоков в речную долину Тисы. Поскольку река на равнине имеет незначительный уклон, перерезана многочисленными каналами мелиоративных систем, паводковые воды затопляют значительные площади, если не обеспечивается их своевременный отвод.

Естественные факторы вызвали опасные паводки 1700, 1730, 1805, 1864, 1887, 1900, 1911, 1926, 1933 и 1941 года. Но, по крайней мере, на протяжении последних 50 лет антропогенные факторы все более большей мерой определяют возникновения паводковых катастроф. Важно подчеркнуть, что в первой половине XX столетия антропогенное влияние на естественные ландшафты Карпат был незначительным, а также то, что в последнее время продолжительность маловодных периодов сокращается, а периодов с повышенной водностью увеличивается.

Наблюдения Гидрометеорологической сети свидетельствуют, что за год высокой водности, в отдельные месяцы количество осадков в 2-3 раза превышает норму. Например, на территории Закарпатья в 1882, 1887, 1902, 1912, 1925, 1941, 1970, 1978, 1980 годах за год выпадало до 1600-2400 мм (норма 1000-1100мм), а в отдельные месяцы - до 250-400 мм (норма 70-120мм).

Для защиты населенных пунктов от подтопления, в Закарпатской области, в разное время, начиная с 1863 года, построено свыше 685 км земляных дамб, 9 водохранилищ комплексного назначения, преимущественно для гидроэнергетики. В связи с небольшой суммарной емкостью водохранилищ и отсутствием в их объемах противопаводковой составляющей, практического влияния на срезку пика паводков и снижения скорости подъема уровня воды они не имеют.

Одновременно с этим необходимо указать на то, что дамбы обвалования в Закарпатье строились в разное время, разными государствами и рассчитывались на разную обеспеченность, поэтому они имеют разную высоту и, по мнению Госводхоза Украины, не образуют единого защитного комплекса, который мог бы надежно выполнять противопаводковую защиту.

Не образуют единой с украинской системы противопаводковой защиты и комплексы защитных гидротехнических сооружений стран, расположенных в

бассейне Тисы - Венгрии, Словакии, Румынии и Югославии, где условия формирования и прохождения высоких паводков почти одинаковые с Украиной.

Гидрометеорологическая сеть в бассейне г. Тисы состоит из 10 метеорологических станций, 38 гидрологических постов, 30 осадкомерных метеорологических постов, 4 станций измерений влажности грунта и 30 участков (маршрутов) определения запасов воды в снеге. К сожалению, лишь на одной метеорологической станции (г. Хуст) и на одном гидрометеорологическом посту (г. Тиса - г. Тячев) измерения выполняются в автоматическом режиме. Передача данных осуществляется в телефонно-телеграфном режиме. Наблюдения в обычном режиме на метеостанциях выполняются через 4 часа, на гидрометеопостах через 12 часов. В период паводков учащенно, на постах через 4 часа.

Летне-осенний сезон 1998 года на Закарпатье был дождевым. По данным наблюдений всех, без исключения, метеорологических станций ежемесячное количество осадков превышало норму. А за август-октябрь этого года выпало от 1,3 до 1,5 нормы осадков. Суммарное количество осадков, по данным метеорологических станций и гидрологических постов, 4-5 ноября 1998 года составляла 45-75 мм, в отдельных пунктах бассейнов Латорицы, Боржавы, Тересвы, Тисы 90-120, в верховье Реки 207 мм Суточные суммы осадков достигали месячной нормы, а в ряде пунктов в ноябре составляли 1,5 нормы.

Повышение уровней воды в ноябрьский паводок составляло 1,7-3,6 м на р. Тисе близ Тячева и Вилка, на р. Латорицы близ Мукачева - 4,1-6,1 м. Уровни воды в 13 створах превысили исторические максимумы.

В период с вечера 3 марта до утра 5 марта 2001 года, вследствие перемещения активного циклона над территорией Закарпатья, также прошли очень сильные осадки в виде дождя и мокрого снега, которые во многих районах области превысили месячную норму (норма марта 60 мм).

Данные свидетельствуют о том, что значительные осадки выпали практически на всей территории бассейна Тисы. В особенности большое их количество наблюдалось в верховье Тисы и бассейнах ее наибольших притоков: Тересвы, Теремли, Рики, Боржавы. Количество осадков в марте 2001 года выпало в целом больше чем осадков, которые сформировали паводок в ноябре 1998 г. (1,8 км³ против 1,1 км³).

На территории Закарпатья (бассейны рек Латорица и Уж) количество осадков за эти три дня марта 2001 г. была близкой к месячной норме - 50-100 мм. Перед выпадением дождя высота снегового покрова в это время составляла от 3 до 18 см, а в горах - 44 см. В 1998 г. снеговой покров в горах был незначительным

Изолинии осадков, которые во многом формировали паводки 1998 и 2001 года представлены на **рис. 1.**

Повышение температуры воздуха от небольших морозов до 5-13° тепла в сочетании с сильными дождями обусловили быстрое таяние снега, как в горах, так и на равнине. Вода пошла по мерзлomu грунту. По оценке специалистов-гидрологов паводок 3-5 марта 2001 г. на 80% обусловленный дождевыми осадками, а на 20% таянием снега. Для условий паводка марта 2001 г. характерна пониженная регулирующая роль лесов.



Рис. 1. Изолинии количества осадков по территории Закарпатья во время паводка 1998г. и 2001г. (данные Гидрометцентра Украины).

В период паводка 1998 года в Закарпатье было подтоплено 40793 жилых дома, из них 2695 разрушено и 2877 повреждено. Было также разрушено 12 мостов, 48,6 км автодорог, активизировано до 980 сдвигов. Кроме того, 48 мостов и 722,2 км автодорог было повреждено. Было выведено из строя 18 водозаборов, 28 канализационных насосных станций, 20 очистных сооружений. Повреждено 3,1 км железнодорожных дорог, 2,4 км железнодорожных дорог разрушено. Паводок нанес убытков государству на сумму 810 млн. гривен (около 150 млн. долларов США)

В 2001 году было разрушено 1924 домов, отселено 4948 жителей. Разрушено 6 и повреждено 17 мостов. Поврежден 52,7 км. автодорог. Разрушено 1,4 км. и повреждено 9,15 км. железнодорожных дорог. Погибло 9 человек. Причинен материальный ущерб на сумму 317 млн. гривен (58,3 млн. долларов США).

Ощутимыми последствиями паводков, как уже отмечалось, была гибель людей, разрушение сооружений и затопление сельхозугодий. Паводок вызвал оползни и сели (грязекаменные потоки). Активизация опасных геологических процессов в ноябре - декабре 1998 года и в весенний период 1999 года вызвало свыше 900 оползней и 100 селей. Оползень в с. Вильховские Лазы, объемом до 40 млн. м³ разрушил село.

В 2001 году по информации Закарпатской геологоразведочной экспедиции, дополнительно выявлен 539 активных сдвигов общей площадью 6,4 км² и объемом 18,5 млн. м³, 88 селевых потоков площадью 0,5 км², объемом 0,6 млн. м³, 143 участка боковой эрозии общей длиной 26 км.

Таким образом, последствия паводков в Закарпатье имели масштаб государственного бедствия. Исходя из этого понадобился глубинный анализ причин явлений с применением как натуральных исследований, так и новых технологий – дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС).

Причины вышеуказанных паводков можно подразделить а естественные и антропогенные.

Естественные причины паводков:

- сложная гидрометеорологическая ситуация (количество осадков выше нормы, их интенсивность и продолжительность) после влажных лета и

осени, что вызвало насыщения грунта влагой и уменьшения его водопоглощающей способности и водопроницаемости в паводок 1998 года и его промерзание при паводки 2001 года;

- резкого уменьшения способности растительного покрова задерживать дождевые воды;
- повышение температуры воздуха после снегопадов вызвало быстрое таяния снега на верхних частях горных склонов и оказало содействие дополнительному поступлению воды к горным рекам;
- высокая водность рек перед началом паводка.

Антропогенные причины паводков:

- вспашка склонов в горных районах, где формируются паводки;
- уничтожения приполонинных лесов, создания огромных (в Украинских Карпатах - свыше 100 .тис .га) высокогорных долин,
- интенсивная эксплуатация леса *в послевоенные годы*, ухудшение санитарного состояния лесов, в особенности хвойных пород, и уменьшения их водо-трансформационной и защитной функции.
- заиление русел рек селевым материалом с повышением их высоты на 1-2 м.. что привело к расширению территории подтопления и затопления, снижению регулирующей (защитной) способности дамб,
- транспортирование древесины при лесоразработках с использованием устаревших технологий;
- несоблюдения режима хозяйствования в водоохраных зонах и прибрежных защитных полосах рек, застройка пойм горных рек вплоть до их русел;
- отставания темпов строительства защитных сооружений от необходимого, а также разрушения их во время паводков;
- неполное выполнение мероприятий по инженерной защите территорий на речных водосборах.

Паводки последних лет на Закарпатье осветили значительные недостатки в ведении гидрометеорологического мониторинга на реках бассейна Тисы, в системе прогнозирования величины паводков, в выполнении противопаводковых мероприятий на реках, в проведении инженерной защиты в населенных пунктах, в введении лесного и сельского хозяйства, в выполнении противооползневых и противоселевых мероприятий. Правительство Украины, используя помощь государств – спонсоров в настоящее время приступило к устранению недостатков в организации мониторинга, а также в выполнении противопаводковых мероприятий.

Так, в Украине разработано техническое задание на внедрение информационно - прогностической системы “Тиса – II”. Начато выполнения проектов по строительству 14-автоматизированных-гидрометеорологических постов в бассейне г. Латориця (Дания) и трех автоматических гидрометеорологических станций с спутниковой связью (США). В организации выполнения последнего проекта принимает участие Украинский центр менеджмента земли и ресурсов (УЦМЗР).

УЦМЗР приступил также к выполнению ряда других проектов, которые по нашему мнению, помогут в решении проблемы защиты территории Закарпатья от паводков на реках бассейна Тисы.

Наибольшую сложность при моделировании, как показывает наш опыт, составляет получение фактической, местной, информации о рельефе, динамике русла, исторические данные. Такую информацию, можно получить с использованием спутниковых снимков Земли (с 60-го года - Corona, 70-90гг - Landsat, IRS). Регулярный мониторинг возможно проводить с помощью снимков спутника NOAA, которые используются УЦМЗР для ежедневного отслеживания паводков – рис. 2. Информацию этого спутника УЦМЗР предоставляет в распоряжение заинтересованных сторон и, в частности, Министерству чрезвычайных ситуаций Украины.

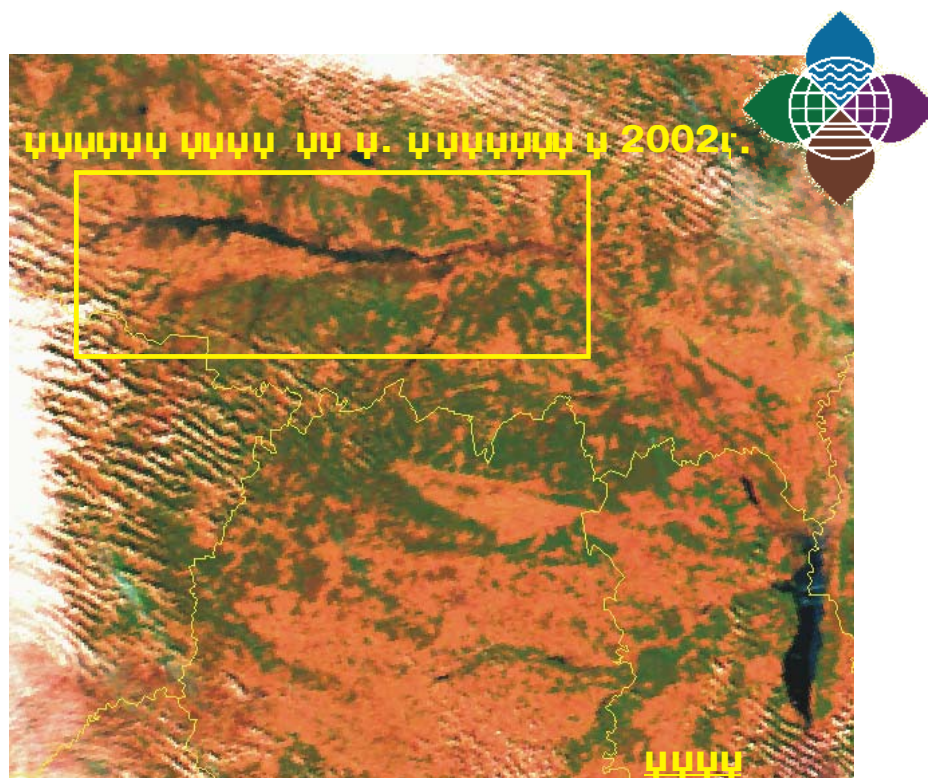


Рис.2. Разливы вод в украинском Полесье в 2002г – фрагмент снимка NOAA.

Задача гидрологического моделирования успешно решается с применением геоинформационных систем (ГИС). Так, ведущая система прогнозирования паводков MIKE 11, созданная Датским Институтом Гидравлики DHI, дает возможность не только прогнозировать дату начала паводка, а с помощью цифровой модели рельефа устанавливать зоны, которые будут затоплены, что чрезвычайно необходимо для своевременного отселения населения, которое может пострадать.

Важной стороной оценки паводков есть заблаговременная подготовка к нему. “Лучшее заранее подготовиться к чрезвычайной ситуации, чем ликвидировать ее” Допаводковая оценка – это, прежде всего выделение опасных для проживания населения зон. Последние строятся с помощью указанного выше гидрологического моделирования, накладывая уровни затопления прогнозируемого паводка на рельеф местности в ГИС – рис. 3. Такие модели разрешают найти постройки, которые находятся в зоне возможного затопления. Особенно полезным является анализ указанных зон по космическим снимкам – рис. 4. Именно с помощью снимка можно быстро установить современное состояние заселения территории.

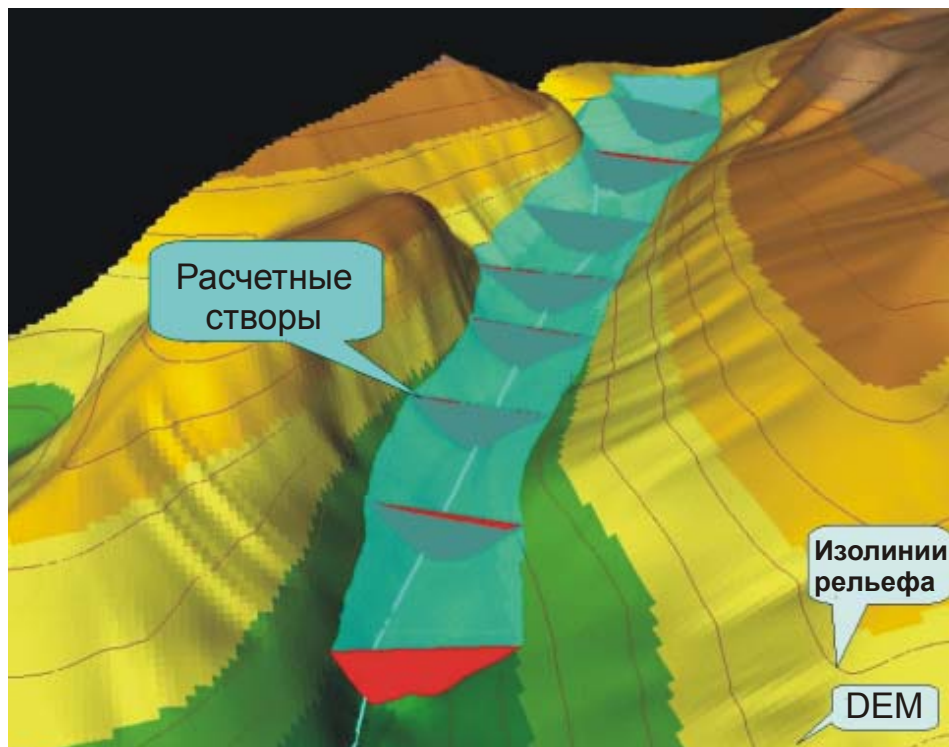


Рис. 3 Геоинформационное моделирование возможного паводка на одной из Закарпатских рек (материал А.Ищука, УЦМЗР).

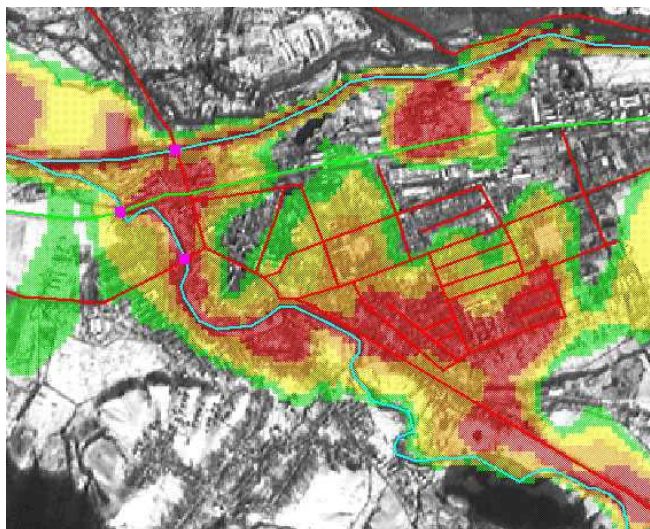


Рис. 4. Анализ зон затопления за космоснимками (УЦМЗР). Красным показаны зоны наивысшей опасности затопления.

Послепаводковая оценка изменений состоит, в первую очередь, в фиксации последствий механического влияния (разрушенных мостов, прорывов дамб, эрозионных процессов и активизации оползней), гидрологического (затопления земель, русловые изменения). Определения таких последствий может сопровождаться как визуальными наблюдениями, так и применением дистанционных методов – космической съемки. Последняя разрешает значительно экономить исследовательские ресурсы.

После паводка 2001 года УЦМЗР разработал проект: “Исследования состояния и возможного влияния изменений лесного покрова на опасные явления в Карпатском регионе с использованием ДЗЗ и ГИС”. В процессе выполнения проекта были успешно использованы космические снимки Landsat для анализа причин, которые оказывали содействие увеличению влияния катастрофических осадков в бассейне г. Тисы на величину паводков в Закарпатье. С помощью снимков установлены сокращения практически вдвое, и больше, раз площади лесного покрова на склонах с уклоном 20 промилле, и больше, и установлено, что тенденция сокращения площади лесов за 1988 – 2001 года сохраняется. Площади лесов за этот период уменьшились на 7200 га при восстановлении 4900 га., с одновременным уменьшением плотности лесного покрова возле населенных пунктов и снижения их склоно -защитной способности за счет смены пород леса. На рис. 5 приведен пример исследования уменьшения площадей лесного покрова.

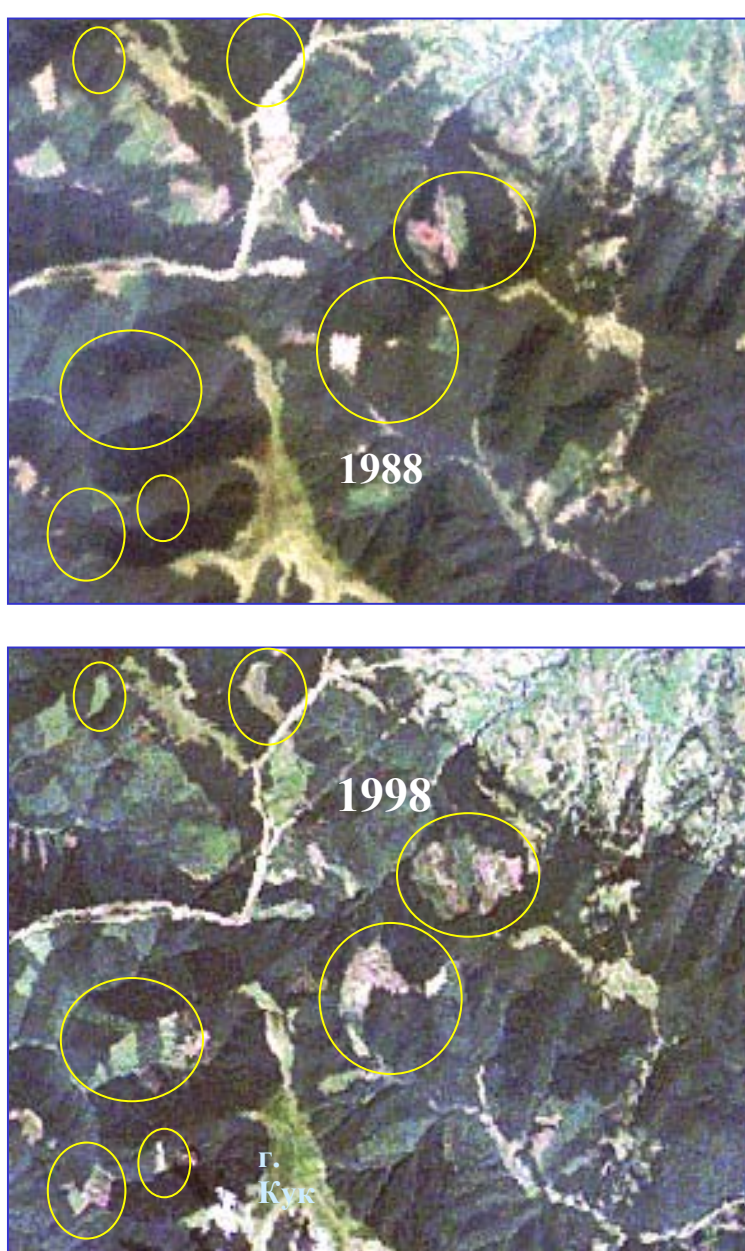


Рис.5. Анализ изменения лесного покрова в горах Карпат по снимкам Landsat.

С помощью снимков выявлены относительно стойкие зависимости распределения оползней от уровня залесенности и угла наклона склонов (рис.6-7), а также повышение уровня активности оползней возле населенных пунктов и автодорог - мест, где облегчен вывоз леса, и, в то же время, отсутствует указанная тенденция в зоне прохождения железных дорог. Анализ показал, что большинство оползней расположен на расстоянии, меньшим чем, 500 м до населенных пунктов и 200 м к автодорогам. Указанный проект показал высокую информативность космических снимков, которая значительно экономит время при анализе материалов паводков.



Рис. 6. Количество оползней по отношению к расстоянию от них до населенных пунктов.

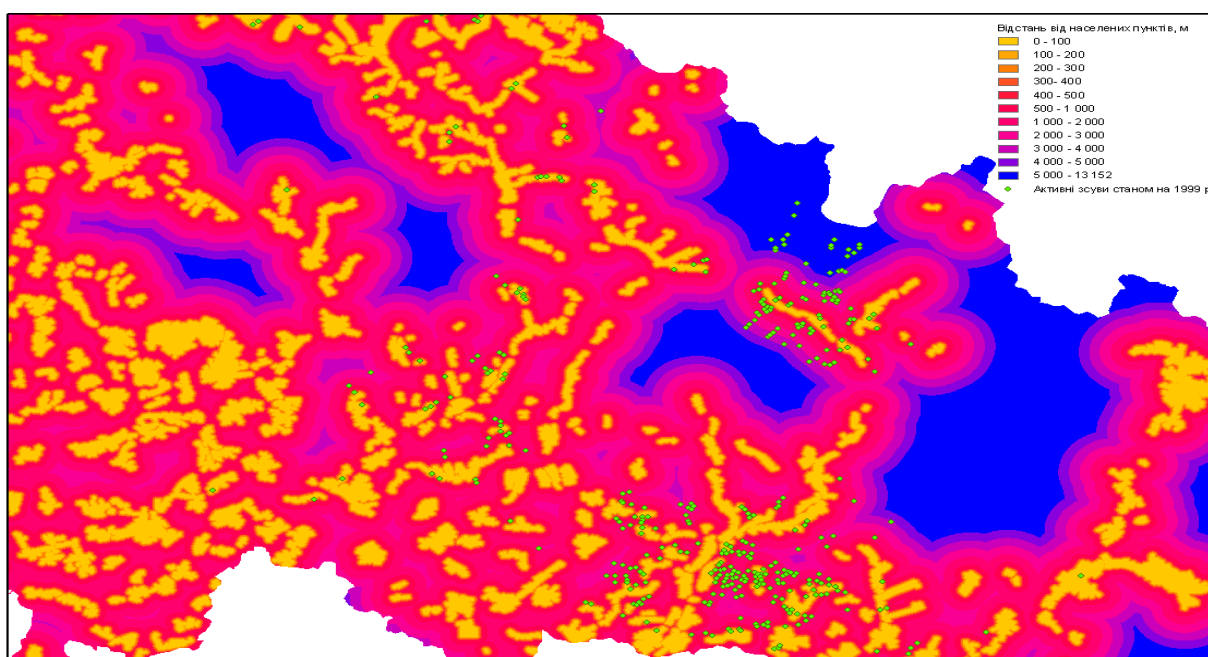


Рис. 7. Пространственное расположение оползней по отношению к расстоянию от них до населенных пунктов. Светло-желтые сегменты соответствуют наибольшей близости к населенным пунктам, зеленым цветом поданы оползни.

Сегодня УЦМЗР начинает выполнение проекта по анализу эффективности действующих, а также предусмотренных новой Программой строительства в бассейнах рек Закарпатья, защитных противопаводковых сооружений. С помощью модели рельефа, построенной на основе карты крупного масштаба, с нанесением на нее защитных сооружений и модели расчета речного стока, УЦМЗР планирует проверить эффективность работы этих сооружений, определить очередность реконструкции или строительства таких сооружений. Выполнение этого проекта очень важно при недостаточном количестве средств у государства на указанные цели. Материалы ДЗЗ в этом проекте будут использоваться для актуализации карт в части уточнения береговой линии рек, расположения защитных сооружений, автомобильных и железных дорог, уточнения границ землепользования и населенных пунктов.

Такое комплексное решение проблем паводков в бассейне Тисы в Закарпатье, на наш взгляд, значительно снизит их отрицательное влияние на население и хозяйство этого края.

С помощью материалов ДЗЗ Украинский центр менеджмента земли и ресурсов выполняет еще ряд проектов по исследованию других факторов отрицательного влияния вод на экологию морей и бассейнов рек. Так, исследуется возможность средств ДЗЗ для изучения состояния развития водорослей на морях и опыт показывает, что это возможно выполнить по снимкам SeazWifs (рис. 8). На рисунке показано распределение излучения, которое характеризует концентрации фитопланктона.

В УЦМЗР разрабатывается ДЗЗ-методология ведения мониторинга состояния зеленых насаждений, разрушения берегов, развития мелководий на водохранилищах и эрозионных процессов в бассейнах рек, влияния хозяйственной деятельности на состояние прибрежной водоохранной полосы. Изучается как ведется вспашка земли, на каком расстоянии от уреза воды, устанавливаются места организации стихийных свалок мусора, строительства объектов без соответствующего разрешения и т.п.

Украинский центр менеджмента земли и ресурсов готов поделиться своим опытом в использовании материалов ДЗЗ и ГИС - технологий в исследованиях и ведении мониторинга за отрицательным влиянием вод на экологию бассейнов морей и рек.

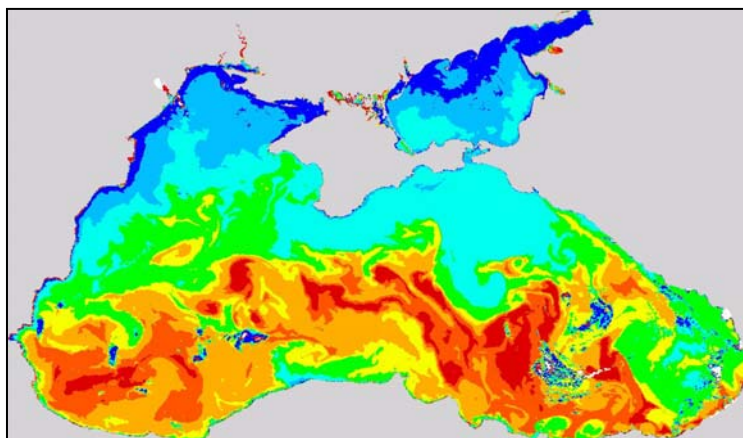


Рис. 8. Динамика аномального цветения фитопланктона в Черном море, рассчитанная по данным спутниковых снимков.