



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **96751** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
G01V 9/00
G01N 33/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 10538	(72) Винахідник(и): Малишевська Ольга Степанівна (UA), Мізюк Михайло Іванович (UA), Мельник Олександр Дмитрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.09.2014	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.02.2015	(73) Власник(и): Малишевська Ольга Степанівна, вул. Стуса, 41/17, м. Івано-Франківськ, 76006 (UA), Мізюк Михайло Іванович, вул. Галицька, 128/32, м. Івано-Франківськ, 76018 (UA), Мельник Олександр Дмитрович, вул. Миколайчука, 17-в/31, м. Івано- Франківськ, 76006 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2015, Бюл.№ 3	

(54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРИВИМІРНОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВОДОНОСНОМУ ГОРИЗОНТІ

(57) Реферат:

Спосіб прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин у водоносному горизонті включає гідродинамічні дослідження, визначення початкової концентрації природних вод, які забруднюються, концентрації речовини-забруднювача, дійсної швидкості водного припливу (швидкість руху потоку-носія), швидкості припливу забруднюючих речовин, фільтраційних властивостей водоносного горизонту (водопроникність). Після цього ці дані вводять у розроблене програмне забезпечення, яке після аналізу та інтерпретації даних видає числову матрицю зміни концентрації забруднюючої речовини у водоносному горизонті в залежності від концентрації забруднюючої речовини, часу та віддалі від джерела забруднення, будує карти цих змін та за результатами отриманих даних пропонує до впровадження найбільш оптимальні природоохоронні заходи та засоби.

UA 96751 U

Корисна модель належить до промислової та побутової сфер, що складають рідкі або водорозчинні відходи та продукцію на денній поверхні, або у підземних порожнинах, а саме - оцінки масштабів впливу розповсюдження забруднюючих речовин у гідросфері при розробці та ліквідації підземних родовищ, складуванні водорозчинних речовин на денній поверхні, різноманітних аварійних витоків та скидів як безпосередньо у водоносний горизонт, так і при просочуванні у нього, з метою вибору оптимальних природоохоронних заходів.

Забруднення переносяться водами на різні віддалі від джерел і накопичуються у різних концентраціях у ґрунтах, гірських породах внаслідок їх поглинання та сорбції. Оскільки відновлення водоносних горизонтів після забруднення є складною проблемою, яка вимагає великих матеріальних та фінансових видатків, то головна увага приділяється профілактичним заходам, які дозволяють на основі прогнозованих даних розробити запобіжні заходи, спрямовані на попередження та оцінку можливого негативного впливу при потрапленні у водоносний горизонт забруднюючої речовини.

Відомий спосіб оцінки забруднення водоносного горизонту при підземному захороненні промстоків [А.С. Малышев. Оценка загрязнения водоносного горизонта при подземном захоронении промстоков // Тр. ин-та / ВНИИ ВОДГЕО. - М., 1992. - Гидрологические исследования и расчеты защиты подземных вод от загрязнения. - С. 31-33], в якому моделюється розповсюдження забруднюючої речовини при витoku останньої через різьбові з'єднання і місця руйнування обсадних колон, яке схематизоване заповненням промстоків через стовбур однієї нагнітаючої свердловини у водоносний і поглинаючий горизонти, вивчають гідродинамічні властивості пласта, проводять хімічний аналіз проб і встановлюють концентрації забруднюючих речовин, на основі цих даних оцінюють ступінь забруднення.

Проте спосіб неможливо застосовувати для умов фільтраційного, дифузійного та конвекційного надходження речовини у водоносний горизонт, тому що за ним, речовина подається у водоносний горизонт під тиском, що значно впливає на витрату та швидкість руху підземного потоку, так-як, у даному випадку, витрати потоку-носія та потоку-забруднювача стають співрозмірними або і переважають витрату потоку-носія, що докорінно змінює механізм моделювання розповсюдження, бо у такому випадку діють інші закони розсіювання та міграції речовини.

Відомий спосіб використання чисельного моделювання геофільтрації для прогнозу розповсюдження забруднень у водоносних пластах [Е.В. Мольский, Н.С. Петров, Н.Г. Головина, М.Н. Кочнева. Использование численного моделирования геофильтрации для прогноза распространения загрязнений в водоносных пластах. // Сб. Теоретические основы и методика гидрогеологического прогноза загрязнения подземных вод. - М.: Наука, 1990. - 54-57 с.], при якому після проведення гідродинамічних досліджень, визначення хімічного складу вод і введення умовного горизонту живлення з ефективним параметром перетікання, який з'єднує усі водоносні шари, що залягають вище забруднюваного горизонту, чисельним методом прогонки варіантів різної тривалості процесу фільтрації моделюють інфільтрацію забруднень і вважають її рівномірно розподіленою по всій території з постійною витратою. За даними моделювання для розрахунку часу розповсюдження забруднення і наступного прогнозу зміни якості підземних вод будують карту п'єзоізогіпс водоносного горизонту.

Проте спосіб дозволяє спрогнозувати забруднення підземних вод лише з наземного точкового джерела і враховує тільки низхідний потік міграції, введення в модель умовного горизонту унеможливорює його застосування для різних водоносних комплексів, що пов'язано з постійним підбором параметрів для умовного горизонту, їх постійної підгонки та калібрування.

Відомим є спосіб прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин по каналах гідродинамічного зв'язку [Деклараційний патент України № 67391 А. Спосіб прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин по каналах гідродинамічного зв'язку, бюл. № 6, 15.06.2004, МПК G01N5/00, 9/00], який включає гідродинамічні дослідження, аналіз проб хімічних елементів і сполук характерних для забруднюючих речовин, за якими оцінюють характер і ступінь забруднення, будують узагальнюючу модель міграції забруднюючих речовин в тріщинувато-пористому середовищі з конвективним зносом на одній із границь у висхідному напрямку, для чого визначають початкову концентрацію природних вод, які забруднюються, концентрацію речовини-забруднювача, швидкість молекулярної дифузії для вмісних порід, глибину залягання джерела забруднення, дійсну швидкість водного припливу, після чого шляхом розв'язання одновимірної диференційної рівняння дифузійної міграції складають графіки зміни концентрації забруднюючої речовини у природному підземному потоці з часом та глибиною, за якими методом екстраполяції прогнозують розповсюдження забруднення.

Відомий спосіб можна застосовувати лише для ареальної зони джерела забруднення (зони обмеженої розмірами джерела забруднення) оскільки за ним речовина не мігрує, а лише

дифундує у підземному потоці і витратою потоку-забруднювача можна повністю знехтувати, тому що він дорівнює молекулярній дифузії речовини у даному розчиннику.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб прогнозування техногенного забруднення повітря, ґрунтів, водних горизонтів [Патент України № 92971. Спосіб прогнозування техногенного забруднення повітря, ґрунтів, водних горизонтів, бюл. № 24, 27.12.2010, МПК G01N33/00], який включає гідродинамічні дослідження, збір та аналіз проб хімічних елементів і сполук, характерних для забруднюючих речовин, за якими оцінюють характер і ступінь забруднення, додатково оцінюють сучасний екологічний стан повітря і ґрунтів за екологічними показниками в зоні впливу небезпечних об'єктів, отримані показники зводять у бази даних і порівнюють з нормативними, складають комплекс комп'ютерних еколого-техногеохімічних карт, як за окремими компонентами довкілля і окремими елементами забруднювача, так і синтетичної інтегральної карти, на якій визначають зони екологічної небезпеки різного ступеня, на наступному етапі здійснюють екологічний моніторинг, згідно з яким безперервно стежать за змінами кожного компонента на певний час спостережень, результати досліджень вводять в базу даних екологічної інформації, дані з якої подають в нейронну мережу, де згідно з розрахунковим алгоритмом по отриманій послідовності попередніх даних нейронна мережа формує рішення про те, чому повинно дорівнювати значення досліджуваної послідовності у майбутньому, на підставі отриманої інформації складають прогнозні аналітичні та синтетичні карти, та приймають управлінські рішення про введення відповідної керуючої дії до зміни техногенної ситуації, для чого нейронна мережа ідентифікує параметри, необхідні для формування відповідного керуючого сигналу і одночасно відслідковує змінні параметри навколишнього середовища і пристосовується до них.

Даний спосіб є дуже громіздким, він вимагає великої кількості вихідних даних, які одержують в результаті натурних спостережень шляхом відбору та аналізу проб. Крім того, даний спосіб дає адекватні результати лише на той момент часу, коли ці дані були одержані, так-як прогнозувати вище наведеним способом зміни в часі та в просторі є неможливим, тому що відсутні в розрахунках складові швидкості переміщення потоків речовин у середовищах і час, а враховуючи те, що щоразу, коли даним способом необхідно проаналізувати нові елементи чи речовини, ми стикаємось із проблемою несприйняття нейронною системою нових даних. У результаті цього система не відповідає або видає неадекватні результати, і її знову необхідно навчати, вводючи великий об'єм початкових даних, одержаних у результаті натурних спостережень та їх аналізу в лабораторних умовах, крім цього, слід калібрувати одержані системою результати, а це можуть якісно зробити вузькопрофільні фахівці, тим самим ставиться під сумнів можливість роботи з даною системою звичайного користувача.

Для ефективного вибору заходів та засобів захисту гідросфери від впливу біологічних і хімічних речовин можливих джерел забруднення, що знаходяться, як на денній поверхні (відвали, терикони, звалища побутових та промислових відходів, шламо- та хвостосховища, та ін.), так і в земних надрах (ліквідовані відпрацьовані рудники, шахти, підземні сховища радіоактивних та високотоксичних речовин, вуглеводнів, підземні родовища водорозчинних мінералів) і мігрують у підземних водоносних горизонтах, необхідні способи за допомогою яких можливо спрогнозувати та оцінити зміни в просторі і часі концентрацій забруднюючих речовин, побудувати можливі ореоли розповсюдження забруднюючих речовин при обмеженій кількості вихідної інформації, а після цього вибрати найбільш оптимальні засоби захисту підземних вод (гідрозавіси, дренажі, екрани, баражні протифільтраційні завіси, перехоплення забруднених вод, відкачування забруднених вод, поєднання нагнітання і відкачування, фізико-хімічний вплив на пласт та ін.).

В основу корисної моделі поставлено задачу створити спосіб прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин у водоносному горизонті, який би на підставі отриманих даних натурних гідрогеологічних та геохімічних спостережень, дозволить розробити програмне забезпечення для прогнозування швидкості, часу та масштабів забруднення підземного водоносного горизонту в напрямку руху фільтраційного потоку та по нормалі до нього з відображенням результатів у просторі та часі, що дозволить відтворити і дослідити особливості розповсюдження забруднення у підземному потоці, безпосередньо вплинути на методику наступних гідрогеологічних досліджень, що в кінцевому результаті дозволить впровадити більш ефективні природоохоронні заходи та засоби при зменшенні їх фінансування та мінімізувати видатки на натурні спостереження за джерелами забруднення.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у відомому способі прогнозування техногенного забруднення повітря, ґрунтів, водних горизонтів, який включає гідродинамічні дослідження, визначення початкової концентрації природних вод, які забруднюються, концентрації речовини-забруднювача, дійсної швидкості водного припливу (швидкість руху

поток-носія), згідно з винаходом, додатково визначають: швидкість припливу забруднюючих речовин; фільтраційні властивості водоносного горизонту (водопроникність). Після цього ці дані вводять у розроблене програмне забезпечення, яке після аналізу та інтерпретації даних буде карти зміни концентрації забруднюючої речовини у підземному водоносному горизонті, залежно від концентрації забруднюючої речовини, часу та віддалі від джерела забруднення, та за отриманими даними дозволяє запропонувати до впровадження найбільш оптимальні природоохоронні заходи та засоби.

Даний спосіб, що прогнозує розповсюдження забруднюючих речовин у водоносному горизонті, забезпечує не тільки опис і оцінку масштабів та ступеня впливу на потік, але й забезпечує оптимальний вибір шляхів попередження, регулювання та знешкодження цього впливу з урахуванням фактичного і прогнозного стану та екологічного резерву, що в результаті слугує способом оптимізації взаємовідносин людського суспільства з довкіллям.

Створений на підставі аналізу багаторічних експериментальних досліджень і попередніх наукових розробок спосіб, що відтворює і досліджує особливості механізму руху та поведінку забрудненого потоку природних вод в просторі і часі, в напрямку руху фільтраційного потоку водоносного горизонту та по нормалі до нього, дозволяє визначити та спрогнозувати концентрацію забруднюючої речовини у будь-якому місці ореолу розсіювання та в будь-який час, як за напрямком руху потоку, так і по нормалі до нього, що було не можливо досягти на підставі відомих способів.

Результати застосування запропонованого нами способу прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин у водоносному горизонті дозволяють: визначити концентрацію забруднюючої речовини у будь-який час, у будь-якому місці ореолу розсіювання; спрогнозувати форму та розміри ореолу і їх зміни в часі та просторі; застосувати відповідні заходи і засоби боротьби із забрудненням водоносного горизонту в залежності від прогнозованої способом ситуації.

Для пояснення суті корисної моделі та її переваг в описі наведені креслення, де на фіг. 1 та у таблиці представлені числові результати прогнозування зміни концентрації забруднюючих речовин у водоносному горизонті з урахуванням: концентрації забруднюючої речовини, часу, що пройшов з моменту забруднення і віддалі від джерела забруднення та гідрологічних властивостей водоносного горизонту: на фіг. 1 - у вигляді матриці з вузлами у контрольних точках по осях ареалу; у таблиці - детально, з кроком 1 м, по тих же осях ареалу. На фіг. 2-4 зображено графічну інтерпретацію одержаних числових результатів прогнозування зміни концентрації забруднюючих речовин у підземному потоці в залежності від концентрації забруднюючої речовини та часу, що пройшов з початку забруднення: на фіг. 2 - за напрямком руху підземних вод; на фіг. 3 по ширині водоносного горизонту; на фіг. 4 по потужності водоносного горизонту. На фіг. 5, 6 зображено графічну інтерпретацію результатів прогнозування зміни концентрації забруднюючих речовин у підземному потоці в залежності від концентрації забруднюючої речовини та віддалі від джерела забруднення: на фіг. 5 - за напрямком руху підземних вод; на фіг. 6 - по потужності водоносного горизонту. На фіг. 7 зображена блок-схема реалізації способу.

Приклад. Застосування способу показано на прикладі полігона побутових відходів м. Івано-Франківська, що експлуатується вже більше 30 років без спеціального захисного екрана і фільтрат з якого просочується до підземного водоносного горизонту.

Враховавши експериментально встановлені початкові і граничні умови та використовуючи матеріали гідрогеологічних, геохімічних спостережень, які проводились на полігоні та ввівши їх у створений програмний продукт, одержали числові прогнозні дані зміни концентрації забруднюючої речовини при її розповсюдженні у водоносному горизонті у часі та просторі (у нашому прикладі пройшло 90 діб), результати прогнозування представлені у вигляді матриці (фіг. 1) з вузлами у контрольних точках по осях ареалу. Перший рядок дає нам значення концентрації забруднювача на віддалі 1 м від джерела по осі ареалу забруднення та по нормалі до неї; другий - на 2/3 віддалі до кінця ареалу забруднення; третій - на 1/2; четвертий - на 1/3 віддалі; п'ятий - на кінці ареалу забруднення; перший стовпчик (фіг. 1) показує значення максимальної концентрації забруднювача в контрольних точках на кінці ареалу, що проходить по ширині водоносного горизонту (вісь Y); другий стовпчик - за напрямком руху водоносного горизонту (вісь X); третій стовпчик - по потужності водоносного горизонту (вісь Z) та в таблиці, у якій подані числові результати зміни концентрації із кроком 1 м по осях ареалу (для даного прикладу наведені табличні результати по осях X/Y).

На фіг. 2-4 зображено графічну інтерпретацію одержаних числових результатів прогнозування зміни концентрації забруднюючих речовин у підземному потоці в залежності від концентрації забруднюючої речовини та часу, що пройшов з початку забруднення (90 діб): на

фіг. 2 - за напрямком руху підземних вод; на фіг. 3 - по ширині водоносного горизонту; на фіг. 4 - по потужності водоносного горизонту. На фіг. 5, 6 зображено графічну інтерпретацію результатів прогнозування зміни концентрації забруднюючих речовин у підземному потоці в залежності від концентрації забруднюючої речовини та віддалі від джерела забруднення: на фіг. 5 - за напрямком руху підземних вод; на фіг. 6 - по потужності водоносного горизонту.

За результатами вище викладеного способу було запропоновано і впроваджено, на Івано-Франківському полігоні, такий локалізаційно-захисний захід, як спорудження баражної зависи. У результаті було досягнуто зменшення видатків при експлуатації полігону на штрафні природоохоронні санкції, на 157 тис. грн. щорічно. Вартість проекту 3,6 млн. грн., враховуючи те, що це єдиний полігон для 350-тисячного міста і термін його експлуатації ще близько 22-25 років, а його вплив на довкілля продовжуватиметься після закриття ще близько 150 років, то видатки на впровадження результатів даного способу є цілком прийнятними.

Таблиця

Зміна концентрації забруднюючих речовин (г/дм^3) у водоносному горизонті в залежності від віддалі від джерела забруднення та часу

Вісь X (по довжині водоносного горизонту), г/дм^3	15	17,51	18,80	19,18	18,17	17,02	17,22	18,83	17,28	17,65	16,80	17,72
	14	16,29	17,60	17,99	16,96	15,85	16,02	17,63	16,07	16,45	15,62	16,49
	13	15,06	16,41	16,78	15,76	14,65	14,81	16,43	14,87	15,25	14,41	15,31
	12	13,85	15,21	15,59	14,55	13,46	13,61	15,22	13,65	14,07	13,21	14,12
	11	12,66	14,02	14,37	13,38	12,25	12,41	14,02	12,44	12,86	11,99	12,90
	10	11,45	12,83	13,21	12,16	11,02	11,20	12,80	11,24	11,65	10,79	11,69
	9	10,28	11,64	11,99	10,93	9,84	10,00	11,61	10,02	10,43	9,58	10,49
	8	9,09	10,46	10,78	9,73	8,65	8,80	10,42	8,85	9,23	8,39	9,29
	7	7,90	9,25	9,59	8,54	7,46	7,60	9,23	7,62	8,05	7,22	8,08
	6	6,69	8,06	8,37	7,34	6,26	6,42	8,03	6,42	6,85	6,01	6,92
	5	5,51	6,85	7,16	6,14	5,05	5,52	6,83	5,23	5,66	4,79	5,73
	4	4,30	5,66	6,00	4,96	3,88	4,04	5,63	4,04	4,45	3,59	4,51
	3	3,11	4,47	4,78	3,77	2,71	2,84	4,44	2,84	3,24	2,41	3,30
	2	1,97	3,27	3,59	2,57	1,54	1,64	3,26	1,67	2,04	1,19	2,12
	1	0,77	2,08	2,38	1,38	0,93	0,98	2,06	1,37	0,81	0,84	0,93
	0	0,43	0,88	1,18	0,16	0,88	0,77	0,85	0,75	0,4	0,19	0,26
		-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	Вісь Y (по ширині водоносного горизонту), г/дм^3											

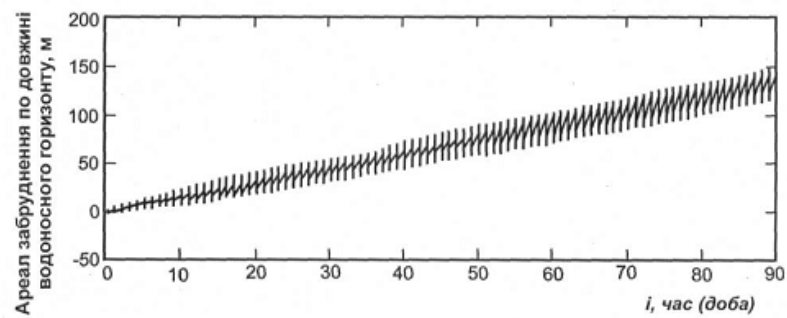
15

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

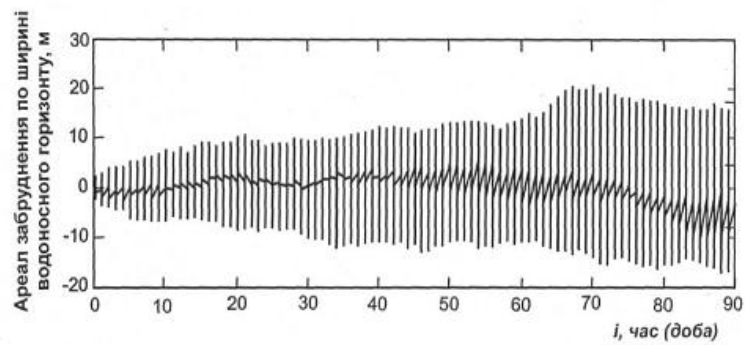
Спосіб прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин у водоносному горизонті, що включає гідродинамічні дослідження, визначення початкової концентрації природних вод, які забруднюються, концентрації речовини-забруднювача, дійсної швидкості водного припливу (швидкість руху потоку-носія), який **відрізняється** тим, що додатково визначають швидкість припливу забруднюючих речовин, фільтраційні властивості водоносного горизонту (водопроникність), після чого ці дані вводять у розроблене програмне забезпечення, яке після аналізу та інтерпретації даних видає числову матрицю зміни концентрації забруднюючої речовини у водоносному горизонті в залежності від концентрації забруднюючої речовини, часу та віддалі від джерела забруднення, будує карти цих змін та за результатами отриманих даних пропонує до впровадження найбільш оптимальні природоохоронні заходи та засоби.

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \frac{1}{3} \\ 0.5 \\ \frac{2}{3} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 99.23 & 197.00 & 100.11 \\ 42.52 & 48.51 & 43.41 \\ 30.49 & 31.69 & 28.35 \\ 22.93 & 23.81 & 22.24 \\ 0.00 & 0.13 & 0.00 \end{pmatrix}$$

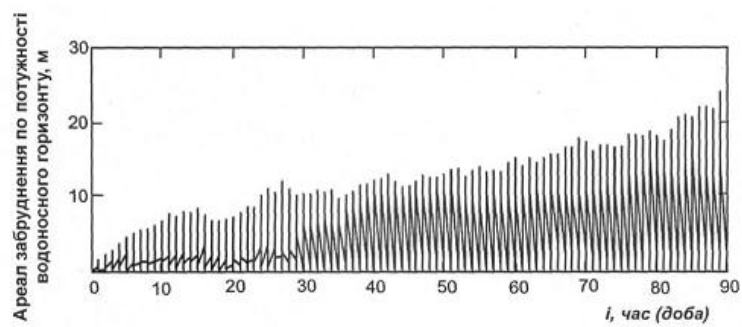
Фиг. 1



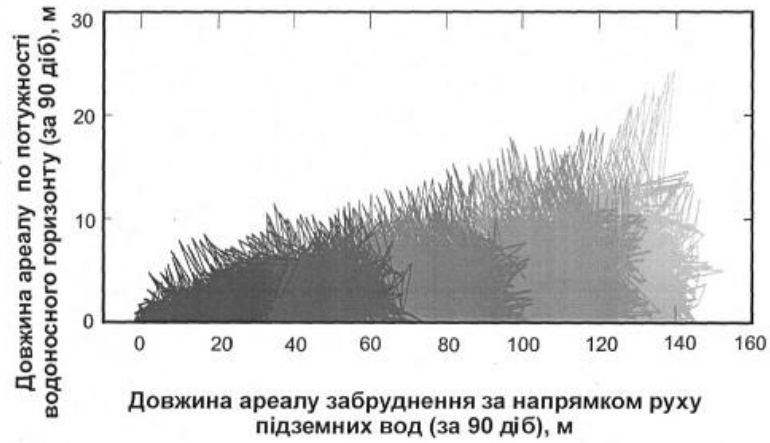
Фиг. 2



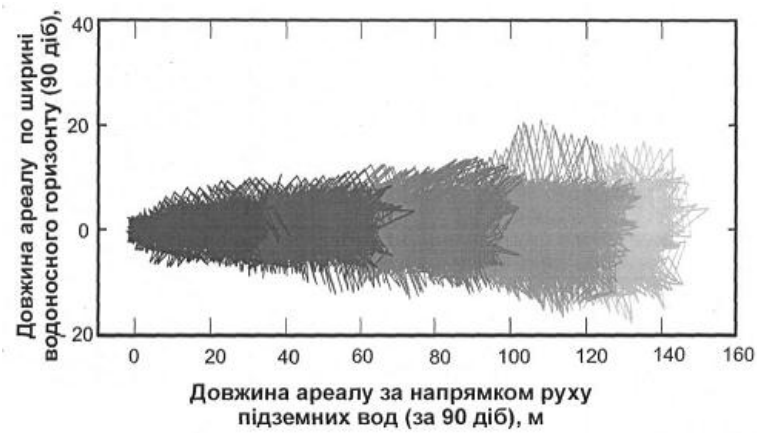
Фиг. 3



Фиг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7